

**LUIS GUILHERME SENSI**

**AVALIAÇÃO CLÍNICA DA FLUORESCÊNCIA DE DENTES  
NATURAIS.**

**FLORIANÓPOLIS  
2006**

LUIS GUILHERME SENSI

## **AVALIAÇÃO CLÍNICA DA FLUORESCÊNCIA DE DENTES NATURAIS.**

Tese apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Odontologia da Universidade  
Federal de Santa Catarina, como requisito  
para a obtenção do título de Doutor em  
Odontologia, área de concentração:  
Dentística.

**Orientador:** Prof. Dr. Luiz Narciso Baratieri

**Co-orientador:** Prof. Dr. Sylvio Monteiro Junior

FLORIANÓPOLIS

2006

LUIS GUILHERME SENSI

**AVALIAÇÃO CLÍNICA DA FLUORESCÊNCIA DE DENTES  
NATURAIS.**

Esta tese foi julgada adequada para obtenção do título de DOUTOR EM  
ODONTOLOGIA - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO DENTÍSTICA e aprovada  
em sua  
forma final pelo programa de Pós-graduação em Odontologia.  
Florianópolis, de de 2006.

---

Prof. Dr. Ricardo de Souza Vieira

*Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia*

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Luiz Narciso Baratieri

*Orientador*

---

Prof. Dr. Sylvio Monteiro Junior

*Co-orientador*

---

Prof. Dr.

*Membro*

---

Prof. Dr.

*Membro*

---

Prof. Dr.

*Membro*

### MODELO - ficha catalográfica

XXXX Sensi, Luis Guilherme

Avaliação espectrofotométrica da fluorescência de dentes naturais.

Um estudo “*In vivo*”.

Luis Guilherme Sensi;

Orientador: Luiz Narciso Baratieri;

Co-orientador: Sylvio Monteiro Junior.

Florianópolis, 2006.

XX f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, 2006.

Inclui bibliografia.

1. Fluorescência. 2. Estética – Odontologia.

3. Cor. 4. Dentística operatória.

I. Baratieri, Luiz Narciso.

II. Monteiro Junior, Sylvio.

III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. IV. Título.

CDU: XXXX

## **AGRADECIMENTOS**

SENSI, LG. **Avaliação clínica da fluorescência de dentes naturais**. 2006. 133f. Tese (Doutorado na área de concentração Dentística) – Programa de Pós-graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar clinicamente a fluorescência presente nos dentes naturais e a sua relação com a faixa etária. 40 voluntários foram selecionados de acordo com critérios pré-estabelecidos e divididos de acordo com sua faixa etária em 4 grupos (n=10): Grupo 1; de 06 à 14 anos; Grupo 2; de 15 à 29 anos; Grupo 3; de 30 à 44 anos e Grupo 4; de 45 à 59 anos. A refletância espectral e as coordenadas de cor foram mensuradas de acordo com a escala de cor CIELAB da Comissão internacional de Luminosidade (CIE) relativa ao iluminante padrão D65. Foi utilizada a geometria de medição D/8°, com iluminação difusa a 10°, comprimento de onda de 360 a 740nm, com a componente especular exclusiva e com a luz ultravioleta excluída e incluída. A fluorescência foi calculada pela diferença na refletância pela exclusão e inclusão da luz ultra-violeta. A intensidade da fluorescência não foi influenciada pela faixa etária ( $p>0,05$ ). Apesar do grupo 1 ter apresentado valores de luminosidade estatisticamente maiores ( $p=0,005$ ), não foi observada relação entre a cor dos dentes e a intensidade de emissão fluorescente. Concluimos que, quando avaliada clinicamente, a fluorescência dos dentes naturais não foi afetada pela idade dos pacientes.

Palavras-chave: Fluorescência. Cor. Estética.

SENSI, LG. **Clinical evaluation of fluorescence of natural teeth.** 2006. 133p. Thesis (PhD - Dentistry) – Post-graduation program in Dentistry, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis.

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to analyze the fluorescence of natural teeth and its relation with age. 40 volunteers were selected in view of pre-established criteria, and divided in 4 groups according to their age (n=10): Group 1; from 06 to 14 years; Group 2; from 15 to 29 years; Group 3; from 30 to 44 years and Group 4; from 45 to 59 years. Spectral reflectance and color coordinates were measured according to the Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) CIELAB color scale relative to the standard illuminant D65. The measurement geometry used was D/8°, with 10° diffuse illumination, 360 to 740nm wavelengths, specular component excluded and ultraviolet light excluded or included. Fluorescence was calculated from the subtraction of the reflectance values by the inclusion and exclusion of the ultraviolet component. The fluorescence intensity was not influenced by the age ( $p>0.05$ ). Even though group 1 presented luminosity values statistically higher ( $p=0.005$ ), no relation was observed between teeth color and intensity of fluorescent emission. We conclude that, when measured in a clinical environment, the fluorescence of natural teeth was not related with patients' age.

Keywords: Fluorescence. Color. Esthetic

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1A - Sorriso de um voluntário que apresentava os dentes naturais hígidos, selecionado de acordo com os critérios de inclusão e exclusão desta pesquisa.....	47
Figura 1B - Profilaxia do dente a ser mensurado com pedra-pomes e água.....	47
Figura 2A - Espectrofotômetro Minolta 2600d utilizado nesta pesquisa.....	47
Figura 2B e 2C - Calibração inicial do aparelho com auxílio de uma placa de calibração que acompanha o aparelho.....	47
Figura 2D e 2E - Detalhes da regulação dos parâmetros de mensuração....	47
Figura 3A - Utilização de afastadores bucais para retração dos lábios e bochechas.....	47
Figura 3B - Secagem do dente a ser mensurado com auxílio de uma gaze.....	47
Figura 3C - Posicionamento do cartão cinza neutro atrás dos dentes, previamente à mensuração.....	47
Figura 4A - Detalhe do posicionamento do espectrofotômetro sobre a superfície dental.....	48
Figura 4B - Exclusão da luz ultra-violeta previamente a realização da primeira mensuração.....	48
Figura 4C - Inclusão da luz ultra-violeta previamente a realização da segunda mensuração.....	48
Figura 4D - Detalhe do momento exato da análise realizada pelo espectrofotômetro.....	48
Figura 5 - Programa SpectraMagic NX, utilizado para análise dos dados....	48



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estudos “ <i>in vivo</i> ” que mensuraram a cor dos dentes naturais.....	18
Quadro 2 – Divisão dos grupos de acordo com a faixa etária.....	42

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação entre a reflectância espectral média observada pela exclusão da luz ultra-violeta em todos os grupos.....	51
Gráfico 2 - Comparação entre a reflectância espectral média observada pela inclusão da luz ultra-violeta em todos os grupos.....	51
Gráfico 3 - Grupo 1 - reflectância espectral média observada pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta e a fluorescência calculada pela sua diferença...	58
Gráfico 4 - Grupo 2 - reflectância espectral média observada pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta e a fluorescência calculada pela sua diferença...	58
Gráfico 5 - Grupo 3 - reflectância espectral média observada pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta e a fluorescência calculada pela sua diferença...	59
Gráfico 6 - Grupo 4 - reflectância espectral média observada pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta e a fluorescência calculada pela sua diferença...	59
Gráfico 7 - Comparação entre a intensidade de fluorescência obtida pela diferença entre a reflectância espectral média observada pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta.....	60
Gráfico 8 – Média dos valores de $L^*$ para todos os grupos.....	62
Gráfico 9 - Diagrama de cromaticidade CIE representando a cor média observada no Grupo 1.....	63
Gráfico 10 - Diagrama de cromaticidade CIE representando a cor média observada no Grupo 2.....	63
Gráfico 11 - Diagrama de cromaticidade CIE representando a cor média observada no Grupo 3.....	64

Gráfico 12 - Diagrama de cromaticidade CIE representando a cor média observada no Grupo 4.....	64
Gráfico 13 - Valores médios das coordenadas $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ , calculados pela exclusão (primeiro valor) e pela inclusão (segundo valor) da luz ultra-violeta.....	67
Gráfico 14 - Valores de $\Delta E^*_{ab}$ e $\Delta b^*$ obtidos pela exclusão e inclusão da luz ultra-violeta.....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Intensidade da fluorescência.....	52
Tabela 2 - Análise de variância com base nos comprimentos de onda.....	55
Tabela 3 - Valores das coordenadas $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ , resultantes da inclusão da luz ultra-violeta.....	61
Tabela 4 - Comparação dos grupos experimentais (variável $L^*$ ) pela prova de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0,05$ ).....	61
Tabela 5 - Análise de variância com base nas variáveis $a^*$ e $b^*$ ( $\alpha=0,05$ )..	62
Tabela 6 - Diferença entre as coordenadas $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ e diferença de cor ( $\Delta E^*_{ab}$ ), calculadas pela exclusão e inclusão da luz ultra-violeta.....	65
Tabela 7 - Análise de variância ( $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ e $\Delta E^*_{ab}$ ).....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$a^*$  – coordenada de cromaticidade  $a^*$

ANOVA – Análise de variância

$b^*$  – coordenada de cromaticidade  $b^*$

CIE – Comissão Internacional de Luminosidade

$L^*$  – coordenada de luminosidade

nm – nanômetros

$\Delta a^*$  – diferença de cor da coordenada de cromaticidade  $a^*$

$\Delta b^*$  – diferença de cor da coordenada de cromaticidade  $b^*$

$\Delta E^*_{ab}$  – diferença de cor

$\Delta L^*$  – diferença de luminosidade

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>21</b>
<b>3 PROPOSIÇÃO .....</b>	<b>39</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>41</b>
4.1 Seleção dos voluntários .....	41
4.2 Divisão dos grupos .....	42
4.3 Análise instrumental da fluorescência .....	42
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
5.1 Fluorescência dos dentes naturais.....	50
5.2 Intensidade da fluorescência (espectro de subtração) .....	52
5.3 Análise das coordenadas $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ .....	60
5.4 Análise da diferença das coordenadas $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ .....	65
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>69</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE 1.....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE 2.....</b>	<b>110</b>
<b>APÊNDICE 3.....</b>	<b>118</b>
<b>APÊNDICE 4.....</b>	<b>126</b>

Introdução

## 1 INTRODUÇÃO

O objetivo principal da odontologia restauradora estética é a substituição das estruturas dentais comprometidas por matérias que possuam propriedades biológicas, físicas e funcionais similares aquelas dos dentes naturais (CHU; AHMAD, 2003). A restauração estética da dentição anterior representa um dos maiores desafios na prática diária uma vez que qualquer pequena disparidade pode ser imediatamente notada todas as vezes que o paciente sorri (FAHL JR, 1997; PEYTON, 2004).

Inúmeros sistemas restauradores foram desenvolvidos nos últimos anos oferecendo uma multitude de cores, níveis de translucidez e opacidade e efeitos especiais que, quando utilizados em conjunto com modernas técnicas restauradoras, tornam possível a confecção de restaurações que simulam fielmente as variações policromáticas e as características ópticas dos dentes naturais. Entretanto, para a obtenção de restaurações verdadeiramente naturais, os clínicos devem ter um conhecimento profundo das características dos dentes naturais bem como treinamento para a adequada seleção e utilização dos materiais restauradores (BARATIERI; ARAÚJO JR; MONTEIRO JR, 2005; SENSI et al., 2006).

As características ópticas dos dentes naturais são determinadas pela interação da luz com a dentina, esmalte e a polpa dental. Estas características incluem graus variáveis de opacidade e translucidez do esmalte e da dentina e efeitos como a opalescência, iridescência e



fluorescência (WINTER, 1993; VANINI, 1996; DIETSCHI, 2001; FONDRIEST, 2003; BARATIERI; ARAÚJO JR; MONTEIRO JR, 2005).

Em odontologia, a fluorescência vem sendo tradicionalmente considerada como a absorção de energia luminosa no espectro invisível (ex. luz ultra-violeta) e a emissão de energia luminosa branco-azulada no espectro visível quando na presença de iluminação ultra-violeta (ex. luz negra) (WINTER, 1993; VANINI, 1996; MCLAREN, 1997; FONDRIEST, 2003, BARATIERI; ARAÚJO JR; MONTEIRO JR, 2005). Esta propriedade faz com que os dentes naturais apareçam mais brilhantes e com maior vitalidade e por essa razão a reprodução desta característica possui um papel dramático no nível de naturalidade que tentamos alcançar com os materiais restauradores (FONDRIEST, 2003; LEE; LU; POWERS, 2005a; VILLAROEL et al., 2005; SENSI et al., 2006).

A fluorescência dos materiais restauradores é independente da sua cor percebida sob iluminação com luz branca e, apesar de minimamente perceptível sob condições normais de iluminação, a reprodução da característica de fluorescência é clinicamente relevante porque restaurações verdadeiramente estéticas devem reproduzir a cor dos dentes naturais indiferente da condição de iluminação, evitando o efeito de metamerismo (LEE; LU; POWERS, 2005b).

Esta questão é especialmente significativa quando tratamos pacientes expostos aos olhos do público (ex. atores, apresentadores, músicos e

modelos) ou aqueles pacientes que vão constantemente ao teatro ou boates aonde eles estão expostos constantemente à luz negra (MILLER, 2003). Sob este tipo de iluminação, restaurações fabricadas com materiais restauradores não fluorescentes apareceram como áreas ou pontos negros no arranjo do sorriso, causando embaraço não somente aos pacientes mas também ao dentista que pode ser perguntado a substituir tais restaurações não fluorescentes por restaurações fluorescentes (MILLER, 2004). Desta maneira, durante o planejamento de restaurações em áreas estéticas, os clínicos devem levar em consideração a reprodução da forma e da cor bem como a simulação das características intrínsecas dos dentes naturais, levando em consideração também a personalidade, as expectativas, o estilo de vida e a profissão dos seus pacientes.

Quando a obtenção de resultados estéticos superiores é desejada, a observação das características dos dentes naturais deve servir de referência para a adequada seleção dos materiais restauradores. Desta maneira, o propósito desta pesquisa foi analisar clinicamente a fluorescência presente nos dentes naturais. A hipótese testada foi que esta fluorescência estaria relacionada a idade dos pacientes e a cor dos dentes.

Revisão da

Literatura

## 2 REVISÃO DA LITERATURA<sup>1</sup>

### 2.1 COR E ESPAÇO DA COR

O fenômeno da cor é uma resposta psicofísica que depende da interação física entre a energia luminosa (fonte de luz), um objeto (aquilo que está sendo observado) e o observador (que vê o objeto). A cor não é uma propriedade do objeto mas sim da luz que entra em nossos olhos a partir dele (O'BRIEN; GROH; BOENKE, 1989).

A luz é uma onda eletromagnética de amplo espectro que vai desde as ondas de rádio até as ondas de raios cósmicos. Este espectro é decomposto em vários comprimentos de onda e o chamado espectro da luz visível, contendo todas as cores que conhecemos, compreende os comprimentos de onda entre 400nm e 700nm (SPROULL, 2001a). Como cada fonte de luz contém quantidades de emissão diferentes para cada um dos comprimentos de onda, a percepção das cores é diretamente afetada pela qualidade da fonte que ilumina o objeto.

A reflectância espectral (ou a transmitância) de um objeto caracterizam a composição da cor desse objeto. A curva de reflexão espectral ou da transmissão do objeto representa-o graficamente e fornece uma maneira de quantificar a cor numericamente.

---

<sup>1</sup> Baseada na NBR 6023:2000 da ABNT

Para facilitar a comunicação e a descrição das cores, várias escalas/espacos de cor foram propostos. A cor pode ser descrita de acordo com o espaco de cor de Munsell, que definiu as dimensões da cor como sendo: matiz, croma e valor. Matiz é o atributo de uma cor que permite sua distinção entre famílias diferentes da cor, por exemplo, vermelho, azul e verde. Ele corresponde ao comprimento de onda refletido pelos objetos.

O croma é o grau de saturação da cor e descreve a força e a intensidade de uma cor. Quanto mais clara ela for, menor a sua saturação. Por outro lado, a saturação aumenta à medida que o objeto é mais escuro.

O valor indica a luminosidade de uma cor que varia do preto puro ao branco puro. Quanto mais claras forem as cores, maior o seu valor (luminosidade); e quanto mais escuras, menor o seu valor.

A Comissão Internacional de Luminosidade (CIE), uma organização devotada à standardização nas áreas tais como a cor e a aparência, definiu em 1931 uma fonte de luz padrão, um observador padrão e assim permitiu o cálculo dos valores, denominados tristímulos X, Y e Z, que representam como o sistema visual humano responde a uma cor. Tais valores podem ser representados graficamente através de um diagrama de cromaticidade. Entretanto, como estes valores não são visualmente uniformes, diferenças de cor são raramente calculadas com base neste espaco de cor (GOVEIA, 2004).

Em 1976, a CIE definiu mais um espaço de cor, o CIELAB, que suporta a teoria da percepção de cor baseada em três receptores separados (vermelho, verde e azul) e é atualmente um dos espaços de cor mais populares. O espaço de cor CIELAB representa um espaço uniforme, com as distâncias iguais que correspondem às diferenças percebidas. Neste espaço de cor tridimensional os três eixos são  $L^*$ ;  $a^*$  e  $b^*$ . O  $L^*$  significa o valor da luminosidade de um objeto e é quantificada em uma escala em que o preto perfeito tem um valor de zero enquanto uma superfície perfeitamente reflexiva possui um valor de 100. Os valores  $a^*$  e  $b^*$  indicam as coordenadas de cromaticidade que apresentam o posicionamento tridimensional do objeto no espaço de cor e a sua direção. A coordenada  $a^*$  representa a quantidade de vermelho (valor de  $a^*$  positivo) ou de verde (valor de  $a^*$  negativo). A coordenada  $b^*$  representa a quantidade de amarelo (valor de  $b^*$  positivo) ou azul (valor de  $b^*$  negativo). Quando estas duas coordenadas aproximam-se do valor zero, representam uma área acromática (cinza neutro). As diferenças de cor expressas pelo espaço CIELAB são relacionadas à percepção visual (tristímulos X, Y e Z) e conseqüentemente à significância clínica (O'BRIEN ET AL., 1997).

## 2.2 PROPRIEDADES ÓPTICAS DOS DENTES NATURAIS

A cor dos dentes é determinada pela combinação de suas propriedades ópticas e pela combinação de efeitos colorimétricos intrínsecos e extrínsecos. A cor intrínseca é associada com as propriedades de reflexão e absorção da luz. A cor extrínseca é relacionada com a absorção de materiais

corantes como café, chá, fumo, entre outros, na superfície externa do esmalte. (TEN BOSCH; COOPS, 1995).

Quando a luz encontra um dente, quatro fenômenos podem ser descritos: transmissão especular da luz através do dente, (2) reflexão especular na superfície, (3) reflexão difusa da luz na superfície e (4) absorção e dispersão da luz dentro dos tecidos dentais (JOINER, 2004). O dente natural transmite a luz em diferentes direções por toda a sua área. A luz que penetra em nossos olhos vinda da superfície vestibular é o resíduo da transmissão difusa que ocorre dentro do dente natural, isto é, a luz segue trajetos altamente irregulares através da estrutura do dente antes que emerja na superfície e alcance os olhos do observador (VAN DER BURGT ET AL., 1990).

No esmalte encontrou-se que os cristais do hidroxiapatita contribuem significativamente para tal dispersão enquanto na dentina a causa predominante seria a característica inerente dos túbulos dentinários (VAARKAMP et al., 1995).

Um estudo *in vitro* demonstrou que as cores de 28 dentes dos pacientes diferentes onde o esmalte foi removido correlacionaram fortemente com as cores da dentina, confirmando que a cor do dente está determinada principalmente pela cor da dentina e que o esmalte possui um papel menor, principalmente na dispersão de comprimentos de onda azul (TEN BOSCH; COOPS, 1995).

O esmalte comporta-se como um objeto translúcido, ou seja, durante a passagem da luz permite a visualização da dentina e ao mesmo tempo proporciona o espalhamento da luz no comprimento de onda azul através dos seus cristais de hidroxiapatita. Fatores como a espessura do esmalte, forma, textura superficial, cor predominante da dentina e fonte luminosa podem dificultar ainda mais a percepção visual das diferentes nuances do conjunto dental. (CHU; DEVIGUS; MIELESZKO, 2004).

Esta interação entre o esmalte, a dentina e até mesmo a polpa dental dão origem a vários fenômenos ópticos que podem ser observados nos dentes naturais e incluem graus variáveis de translucidez e opacidade do esmalte e da dentina e efeitos de opalescência, iridescência e fluorescência (WINTER, 1993; VANINI, 1996; DIETSCHI, 2001; FONDRIEST, 2003; BARATIERI; ARAÚJO JR; MONTEIRO JR, 2005).

Vários estudos pesquisaram a característica fluorescente dos dentes naturais e materiais restauradores:

### **2.2.1 O estudo da Fluorescência na Odontologia**

A fluorescência é um complexo fenômeno físico, membro da família dos processos denominados foto-luminescentes, nos quais moléculas susceptíveis emitem luz à partir de estados eletronicamente excitados criados por mecanismos físicos (ex. absorção da luz), mecânicos (ex. fricção) ou químicos (MONSENEGO, 1990).



Dentro da Odontologia, a definição possivelmente mais simples e de mais fácil entendimento é aquela que define a fluorescência dental como sendo a capacidade que os dentes possuem de absorver energia luminosa no espectro da luz invisível e, espontaneamente, emití-la dentro do espectro da luz visível (MCLAREN, 1997). Este fenômeno fluorescente ocorre pela absorção de raios ultra-violetas com comprimentos de onda curtos, entre 350 e 400nm, emitidos pela luz solar e que excitam componentes foto-sensíveis presentes no esmalte e na dentina. Quando os dentes são expostos à uma fonte de luz que possui componentes da luz ultra-violeta (como por exemplo a luz negra), esta energia luminosa é emitida em comprimentos de onda maiores, entre 410 e 500nm, faixa espectral que corresponde a cor azul.

O primeiro relato referente ao fenômeno da fluorescência apresentada pelos dentes naturais foi realizado à quase 100 anos atrás, por STÜBEL, em 1911. Ele foi o primeiro a sugerir que os dentes naturais apresentavam uma forte fluorescência branco-azulada quando submetidos à ação de raios ultra-violeta.

BENEDICT, em 1928, observou que a fluorescência apresentada pela dentina era mais brilhante e mais azulada que a do esmalte. Ele também observou perda da fluorescência em áreas de lesões brancas de esmalte. Este autor ainda sugeriu que a propriedade fluorescente da dentina estava associada com sua porção orgânica. Alguns trabalhos (SHORE; PARDEE, 1956; LAURILLA; MANCEWICZ, 1960), apresentaram dados inconsistentes com relação ao espectro de excitação e emissão dos componentes

fluorescentes presentes nos dentes naturais pois revelavam comprimentos de onda pertencentes ao espectro invisível da luz e, portanto, não poderiam ser responsáveis pela fluorescência a não ser que estivessem ligados à proteínas presentes na estrutura dental, como apontado por ARMSTRONG, em 1963.

A importância clínica da fluorescência começou a atrair a atenção dos clínicos e pesquisadores à aproximadamente 50 anos atrás, à partir da divulgação de uma série de publicações científicas e observações práticas que relatavam não somente a importância da identificação da fluorescência emitida pela dentição natural mas também a necessidade da sua reprodução quando procedimentos restauradores eram realizados. Naquela época a atenção foi voltada inicialmente à propriedade fluorescente dos dentes artificiais e dos materiais protéticos (HILTEBRANDT, 1950; KOSOVEL, 1967; KOSOVEL, 1968a; KOSOVEL, 1968b; CAITUCOLI, 1968; BRANCHINI, 1969; SCHARF, 1974; SCHENNETTEN, 1976). Com o surgimento e a evolução dos materiais de uso direto, a atenção dos clínicos e pesquisadores se voltou também às resinas compostas (PANZERI; FERNANDES; MINELLI, 1977).

Hoje em dia, esta é uma propriedade óptica considerada indispensável nestes materiais quando se deseja a obtenção de resultados verdadeiramente estéticos que simulem as características policromáticas encontradas nos dentes naturais (SENSI et al., 2006).

A característica fluorescente dos dentes naturais vêm sendo estudada através de diferentes metodologias ao longo dos anos e uma miríade de resultados foi relatada. Um dos primeiros estudos que pesquisou o espectro da fluorescência em dentes humanos foi o de CAITUCOLI em 1968. Este autor comparou, através de análise espectrofotográfica, a fluorescência presente em dentes naturais extraídos e em dentes artificiais e observou que, sob efeito da iluminação ultra-violeta, os dentes naturais fluoresceram de maneira idêntica enquanto a fluorescência emitida pelos dentes artificiais variou (tanto em excesso como em ausência de fluorescência) de acordo com a sua composição particular. Apesar da análise ter revelado picos de emissão no comprimento de onda de 435nm (referente ao espectro azul), o efeito fluorescente foi observado em todo espectro da luz visível. Embora inovadora para a época, o autor reconheceu as limitações da metodologia empregada e concluiu esta pesquisa demonstrando o desejo de que novas e mais precisas metodologias fossem desenvolvidas para a determinação das características cromáticas dos dentes naturais.

Utilizando também o método espectrofotográfico, BRANCHINI e ZANOTTI, em 1969, analisaram a fluorescência do esmalte de dentes extraídos excitados com luz ultra-violeta em um comprimento de onda de 365nm. Os autores observaram picos de emissão de 448nm e 510nm; 415nm e 500nm e 580nm (dentes erupcionados, inclusos e dentes pertencentes à ancestrais do período dinástico e pré-dinástico), respectivamente. Nos dentes erupcionados foi observado ainda uma forte emissão no comprimento de onda de 588nm, referente às cores amarela e alaranjada, que os autores

acreditam que pode acentuar o efeito azul e violeta causado pela fluorescência. Os autores sugerem ainda que a fluorescência observada no esmalte dental estaria relacionada à presença de componentes inorgânicos (hidroxiapatita) pois a intensidade da fluorescência diminuiu notadamente após a descalcificação dos espécimes testados.

Em 1970, HALL, HEFFERREN e OLSEN pesquisaram as características fluorescentes de dentes humanos extraídos com um fluorímetro clínico, desenvolvido pelos próprios autores. Este fluorímetro emitia energia ultra-violeta no comprimento de onda de 340nm a 375nm para a excitação da fluorescência nos dentes naturais. O pico de emissão observado nas secções de esmalte foi encontrado próximo ao comprimento de onda de 450nm. As áreas cervicais apresentaram maior fluorescência pois nesta região o esmalte é menos espesso, ao contrário da região incisal aonde o esmalte é mais espesso e pouca ou nenhuma dentina influencia a emissão final da fluorescência analisada. Os autores sugerem que o esmalte atuaria como um atenuador da fluorescência pois intensidades de emissão menores foram observadas em dentes que possuíam maiores espessuras de esmalte.

Em 1974, SCHARF comparou a distribuição espectral de dentes naturais, dentes decíduos e dentes cerâmicos artificiais utilizando um gráfico de cor tipo DIN5033 e observou que todos encontravam-se na faixa azul do espectro da luz visível, com picos de emissão em 450nm, sem diferença significativa entre eles.

SPITZER e TEN BOSCH, em 1976 analisaram a luminescência do esmalte tanto de dentes humanos como também de dentes bovinos nos comprimentos de onda de 240nm a 600nm, através de espectrofotometria de fluorescência. Os autores não observaram diferenças entre a luminescência do esmalte humano e do esmalte bovino. Entretanto, três significantes picos de emissão foram observados nos comprimentos de onda de 350nm, 405nm e 450nm, além de um pico menor no comprimento de onda de 520nm. Os autores ainda concluíram, após isolamento da porção mineral do esmalte, que o efeito luminescente do esmalte seria causado por resíduos de um aminoácido presente na proteína de esmalte denominada triptofano.

KOSOVEL e WEBER, em 1976, também determinaram o espectro de emissão fluorescente de dentes humanos extraídos e observaram resultados semelhantes com picos de emissão no comprimento de onda de 451nm para o esmalte, 442nm para a dentina e de 448nm para o cimento. Esta pequena diferença entre os tecidos dentais não foi estatisticamente significativa. Mais importante do que isso, os autores observaram que a diferença entre o sexo (masculino e feminino) nem a idade dos dentes examinados influenciou na emissão de fluorescência.

Em 1977, PANZERI, FERNANDES e MINELLI compararam as características de fluorescência presentes em dentes naturais e em materiais restauradores como cimentos de silicato, resinas acrílicas e resinas compostas. Após excitação com luz ultra-violeta no comprimento de onda de

365nm, o pico de emissão da fluorescência foi observado no comprimento de onda de 450nm, confirmando dados de estudos anteriores. Nenhum dos materiais testados apresentou características de emissão de fluorescência semelhantes à observada nos dentes naturais. Algumas resinas compostas sequer apresentaram alguma emissão de fluorescência, ao contrário de um dos cimentos de silicato testado que apresentou mais fluorescência do que o próprio dente natural. Os autores observaram ainda que a realização de um glazeamento sobre a superfície de algumas resinas compostas resulta em uma diminuição de 50% na fluorescência emitida pelo material, possivelmente por uma absorção da fluorescência pela resina composta ou ainda pela redução na transmissão da energia ultra-violeta através da camada de glaze.

FOREMAN, em 1980, estudando o espectro de excitação e emissão de dois componentes fluorescentes extraídos da dentina concluiu que um deles possui as mesmas características do aminoácido triptofano. O outro componente fluorescente, tido como responsável pela emissão fluorescente na dentina pelos autores, não pode ser identificado.

SUNDSTROM et al, em 1985, pesquisaram o espectro de fluorescência da dentina e do esmalte dos dentes naturais hígidos e de dentes cariados iluminados com laser em comprimentos de onda de 337, 488, 515 e 633nm. Foi possível observar que a emissão de fluorescência variou de acordo com o comprimento de onda utilizado para a excitação da luz principalmente nos comprimentos de onda de 337nm e 400nm, que

geraram fluorescência nos comprimentos de onda de 488nm e 540nm, respectivamente. Foi possível ainda observar que a presença de cárie alterava esta emissão, principalmente no comprimento de onda de 488nm, sugerindo que este comprimento poderia ser útil para a detecção de lesões iniciais de cárie.

MONSENEGO, em 1990, comparou o espectro de emissão do esmalte natural e de algumas resinas compostas de uso direto disponíveis naquela época através da análise de restaurações realizadas em dentes bovinos. O pico de emissão do esmalte natural foi descrito no comprimento de onda de 450nm e nenhuma das resinas compostas testadas apresentou espectro de emissão fluorescente semelhante aquela observada no esmalte natural. O autor afirma ainda que a fluorescência dos dentes naturais é independente da cor que eles apresentam.

A heterogeneidade espectral, anisotrópica e temporal da fluorescência apresentada pelos dentes naturais foi examinada por ARAKI e colaboradores, em 1990, através da utilização de um micro-fluorímetro de polarização. Foi possível observar que a fluorescência da dentina é mais intensa e mais azulada que a do esmalte. Os dentes decíduos apresentaram fluorescência semelhante a dos dentes permanentes e isto indica que o componente fluorescente esta originalmente presente na estrutura dental, entretanto, os autores observaram que a intensidade da fluorescência da dentina aumenta de acordo com a idade do dente, sugerindo que processos biológicos podem estar envolvidos. Os autores sugerem ainda que, devido a anisotropia da

fluorescência observada, o componente fluorescente possuiria uma estrutura heterogênea e assim um complexo formado de colágeno e hidroxiapatita foi indicado como responsável pela fluorescência dos tecidos dentais.

MONSENEGO, BURDAIRON e CLERJAUD em 1993 estudaram a fluorescência do esmalte natural e a compararam com a fluorescência presente em materiais cerâmicos. O espectro do esmalte natural foi analisado e apresentou uma larga faixa com pico de emissão no comprimento de onda de 450nm, diminuindo sutilmente até o comprimento de onda de 680nm. Os autores ainda sugeriram que a característica fluorescente pareceu ser independente da cor percebida sob luz branca. A fluorescência observada dos materiais cerâmicos foi diferente do esmalte natural e pareceu ser dependente da sua composição.

MATSUMOTO, KITAMURA e ARAKI em 1999, analisaram a fluorescência da dentina humana com um micro-fotômetro de fluorescência. Os autores observaram que a intensidade da fluorescência aumentou de acordo com a idade dos dentes. Não foram observadas diferenças na intensidade da fluorescência ou no perfil espectral entre diferentes tipos de dentes extraídos do mesmo indivíduo ou da mesma idade.

LEE, LU e POWERS, em 2005a, compararam a característica de fluorescência da dentina humana e de diversas resinas compostas. O método utilizado pelos autores, através do uso de um espectrofotômetro de refletância, é marcadamente superior pois toda energia ultra-violeta foi



considerada e a análise da fluorescência se deu pela sua inclusão ou exclusão, com auxílio de filtros. A dentina apresentou emissão fluorescente com picos entre os comprimentos de onda entre 440nm e 450nm. Das resinas compostas testadas, algumas delas apresentaram fluorescência com pico de emissão no comprimento de onda de 450nm enquanto outras não apresentaram fluorescência detectável. Os mesmos autores avaliaram o efeito do manchamento superficial e do selamento de superfície na fluorescência das resinas compostas e concluíram que, tanto a utilização de selantes como o manchamento causado por corantes diminuí drasticamente a característica fluorescente das resinas compostas testadas. Os autores sugerem que a remoção deste manchamento superficial restaura, em parte, a emissão de fluorescência (LEE; LU; POWERS, 2005b).

O efeito do envelhecimento na característica fluorescente também foi testado, juntamente com o efeito opalescente, translucidez e efeito de mascaramento (LEE; LU; POWERS, 2006). Os autores observaram que, após o envelhecimento, as resinas compostas que apresentavam fluorescência previamente passaram a não apresentar nenhuma fluorescência detectável.

### **2.3 Análise instrumental da cor dos dentes**

Muitos métodos são utilizados atualmente para avaliar a cor dos dentes. Estes variam desde as comparações visuais subjetivas usando guias de papel, porcelana, acrílico e escalas de cor das resinas compostas até as

mensurações instrumentais objetivas, através da utilização de espectrofotômetros, colorímetros e técnicas de análise de imagens digitais. A determinação visual da cor, pela comparação do dente com escalas de cor, ainda é o método o mais freqüentemente aplicado na odontologia (VAN DER BURGT, 1990).

Espectrofotômetros e colorímetros vêm sendo utilizados em pesquisas e indústrias para a mensuração da cor de materiais e substratos em larga escala. Alguns instrumentos têm sido projetados especialmente para o uso clínico, com a finalidade de selecionar a cor diretamente em boca, transmitir os dados ao laboratório, controlar o resultado obtido em restaurações diretas, indiretas e clareamentos dentais e minimizar o fator subjetivo da percepção visual (SPROULL, 2001b).

Dois tipos de equipamentos têm sido utilizados: os colorímetros e os espectrofotômetros. Os colorímetros analisam os valores para o vermelho, verde e azul refletidos através de filtros sensores que simulam as células foto-receptoras do olho humano. Os tristímulos X, Y e Z são convertidos em coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  do sistema CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup>. Desta forma, os colorímetros podem interpretar e definir os fenômenos físicos na percepção instrumental da cor. Os espectrofotômetros medem e registram a quantidade de luz refletida ou transmitida do objeto através de seu comprimento de onda. Este registro é obtido nas coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Estes aparelhos possuem alta precisão, sensibilidade para medir cores absolutas e são equipados com distribuições espectrais de vários iluminantes. Os espectrofotômetros mais

precisos são os de esfera de integração, chamados ópticos esféricos, nos quais o objeto é exposto à luz em diferentes ângulos e direções durante a sua análise (PARAVINA, 2002).

Sua utilização para mensuração da cor de dentes extraídos ou vitais foi descrita na literatura (DOUGLAS, 1997; OKUBO et al., 1998; ZHAO; ZHU, 1998; RUSSELL; GULFRAZ; MOSS, 2000; HINDLE; HARRISON, 2000; HASEGAWA et al., 2000; PAUL et al., 2002).

TUNG e colaboradores, em 2002, indicaram que o uso difundido dos espectrofotômetros na pesquisa dental e em situações clínicas é dificultado pelo fato que o equipamento é complexo e caro e que é difícil medir a cor dos dentes clinicamente com estes aparelhos.

A distribuição da cor do dente em regiões diferentes foi descrita por vários investigadores. No geral, os dentes anteriores superiores são ligeiramente mais amarelos do que os dentes anteriores inferiores (GOODKIND; KEENAN; SCHWABACHER, 1987), além de possuírem valor mais elevado do que os incisivos laterais e caninos. (GOODKIND; KEENAN; SCHWABACHER, 1987; ZHAO; ZHU, 1998; HASEGAWA et al., 2000; HASEGAWA; IKEDA; KAWAGUCHI, 2000).

No geral, a cor natural dos dentes tem uma tendência significativa em aumentar com a idade do paciente, geralmente tornando-se mais escuro e mais amarelado. (GOODKIND; KEENAN; SCHWABACHER, 1987; ZHAO;

ZHU, 1998; HASEGAWA et al., 2000; HASEGAWA; IKEDA; KAWAGUCHI, 2000). Com o avanço da idade, relatou-se que a cor do dente pode se tornar mais avermelhada devido ao desgaste localizado da região incisal dos incisivos. (HASEGAWA et al., 2000).

MORLEY em 1990 descreveu que o impacto da idade na cor do dente é devido a um número de fatores tais como a diminuição do volume pulpar, mineralização e perda da permeabilidade dentinária, penetração de pigmentos e íons orgânicos e inorgânicos, tornando assim a dentina mais saturada e o valor total do dente mais baixo. Combinado com uma espessura cada vez mais fina do esmalte, em consequência do desgaste normal, a cor da dentina passa a dominar a face vestibular dos dentes.

Alguns estudos que mediram a cor dos incisivos centrais superiores “*in vivo*” e relataram as coordenadas de cor no espaço CIELAB estão sumarizados no quadro 1.

Referência	Método	Idade	L*	a*	b*
Gegauff et al., 1993	Colorímetro	20-27	51.1	-0.1	-0.2
Rubino et al., 1994	Colorímetro	15-50	67.6 ± 7.0	4.3 ± 2.1	12.1 ± 3.3
Zhao; Zhu, 1998	Espectrofotômetro	18-70	51.48 ± 8.02	0.62 ± 0.14	0.15 ± 0.02
Odiosso; Gibb; Gerlach, 2000	Espectrofotômetro	13-64	69.3 ± 5.92	5.4 ± 1.33	18.7 ± 3.37
Hasegawa et al., 2000	Espectrofotômetro	13-84	73.0 ± 5.0	3.5 ± 1.5	16.5 ± 5.0

Quadro 1. Estudos “*in vivo*” que mensuraram a cor dos dentes naturais.

Proposição

### **3 PROPOSIÇÃO**

O presente trabalho teve como objetivo:

- a) Avaliar clinicamente a fluorescência presente nos dentes naturais;
- b) Comparar a emissão da fluorescência de acordo com a variação da faixa etária;
- c) Verificar a relação entre a cor dos dentes e a emissão da fluorescência.

Materiais

e Métodos

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

Este projeto obteve a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa, Projeto n. 078/2006) da Universidade Tuiuti do Paraná (ANEXO 1).

### **4.1 Seleção dos voluntários**

Foram selecionados 40 pacientes, com idade entre 06 e 59 anos, de acordo com critérios pré-estabelecidos: incisivos centrais superiores com vitalidade, livres de cáries e de restaurações, boa higiene oral, ausência de doença periodontal, não fumante e sem sintomatologia dolorosa.

Os fatores de exclusão para o estudo incluíram: presenças de manchamento causado por tetraciclina ou fluorose, dentes com tratamento endodôntico, dentes com cáries, restaurações ou sintomatologia dolorosa, pacientes que já haviam realizado qualquer tipo de clareamento dental ou tratamento ortodôntico e pacientes que possuíam pequena abertura bucal.

Após a seleção, os voluntários ou seus pais ou responsáveis (em casos de menores de idade) foram esclarecidos sobre os procedimentos da pesquisa e concordando, assinaram o termo de consentimento autorizando a realização da presente pesquisa (ANEXO 2), de acordo com a resolução nº 196, de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde /Ministério da Saúde - Brasília/DF.



## 4.2 Divisão dos grupos

Os 40 voluntários foram divididos em quatro grupos (n=10), de acordo com a sua faixa etária: Grupo 1 (crianças e adolescentes), de 06 à 14 anos; Grupo 2 (jovens), de 15 à 29 anos; Grupo 3 (adultos jovens), de 30 à 44 anos e Grupo 4 (adultos), de 45 à 59 anos. A divisão dos grupos está sumarizada no quadro 2.

Quadro 2 – Divisão dos grupos de acordo com a faixa etária.

<b>Grupos</b>	<b>Faixa Etária</b>
Grupo 1	06 à 14 anos
Grupo 2	15 à 29 anos
Grupo 3	30 à 44 anos
Grupo 4	45 à 59 anos

## 4.3 Análise instrumental da fluorescência

Para a avaliação instrumental da fluorescência foi utilizado um espectrofotômetro de esfera de integração revestida por sulfato de bário (Minolta CM 2600D, Osaka, Japão). A fonte de luz deste aparelho consiste de três lâmpadas de xenônio que permitem que a mensuração seja simultaneamente realizada com até três diferentes iluminantes, incluindo ou não a luz ultravioleta (UV) e o brilho (componente especular inclusa ou exclusiva).

Este espectrofotômetro possui duas janelas de observação: 12mm e 6mm. A janela utilizada neste estudo foi a de 6mm, propiciando um melhor contato entre o espectrofotômetro e a superfície do dente.

Para reduzir a possibilidade da influência da luz ambiente, o local e as condições em que os procedimentos de mensuração foram realizados foram padronizados através do controle das condições da iluminação artificial, da coloração das paredes, mochos e aventais utilizados pelos pacientes (cor cinza neutro).

A refletância espectral e as coordenadas de cor foram mensuradas de acordo com a escala de cor CIELAB da Comissão internacional de Luminosidade (CIE) relativa ao iluminante padrão D65 (que simula a luz do dia incluindo a luz ultra violeta), com a abertura de 6,0 mm do espectrofotômetro posicionada no terço médio da superfície vestibular e em contato direto com a superfície dos dentes. Para evitar que o excesso de umidade ou de ressecamento alterasse a reflexão da superfície dental, as mensurações foram realizadas com os dentes naturalmente hidratados. Para neutralizar a influência do fundo escuro da boca, um cartão cinza neutro não fluorescente foi posicionado atrás dos dentes antes da mensuração. Foi utilizada a geometria de medição D/8°, com iluminação difusa a 10°, comprimento de onda de 360nm a 740nm (intervalo de 10nm), com a componente especular exclusiva (SCE) e com a luz ultravioleta excluída e incluída (UV-I/UV-E).

A partir dos valores de refletância espectral obtidos, a diferença na refletância pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta foi calculada através da subtração direta dos valores referentes à cada comprimento de onda (de 400nm a 740nm). A análise da fluorescência foi realizada através deste espectro de subtração para cada grupo.

As diferenças na cor dos dentes ( $\Delta E^*ab$ ) e nas coordenadas de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ , e  $b^*$ ), pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta foram calculadas, em que  $\Delta L^*$  relaciona-se com as mudanças na luminosidade,  $\Delta a^*$  relaciona-se com as mudanças nos parâmetros entre vermelho e verde e  $\Delta b^*$  relaciona-se com as mudanças nos parâmetros entre o amarelo e o azul.

Os dados coletados foram analisados pelo teste estatístico de análise de variância (ANOVA) ou pela prova de Kruskal Wallis (SPSS 11.0, SPSS, Chicago, IL, USA;  $p=0,05$ ).

A seqüência resumida, passo-a-passo, para análise da fluorescência realizada neste estudo foi a seguinte:

a) profilaxia do dente a ser mensurado com pedra-pomes misturada com água, aplicada com uma escova de Robinson acoplada a um contra-ângulo em baixa rotação, seguida de lavagem com água (Figura 1).

b) calibragem inicial do aparelho, com auxílio de uma placa de calibração branca que acompanha o espectrofotômetro e conferência de todos os outros parâmetros de mensuração (Figura 2);

c) retração dos lábios e das bochechas com afastadores intra-orais, remoção do excesso de umidade da superfície dental com auxílio de uma gaze e posicionamento do cartão cinza neutro atrás dos dentes (Figura 3);

d) a luz ultra-violeta foi excluída e a primeira mensuração, considerada como referência para comparação foi realizada. O espectrofotômetro foi programado para realizar três mensurações e automaticamente registrar a média dos valores obtidos (Figura 4);

e) em seguida a luz ultra-violeta foi incluída e a segunda mensuração do mesmo dente foi realizada da mesma maneira: o espectrofotômetro foi programado para realizar três mensurações e automaticamente registrar a média dos valores obtidos (Figura 4);

f) todos os dados obtidos foram transmitidos para um computador conectado ao espectrofotômetro através do programa Spectra Magic Minolta System v.3.4.1 (Minolta, Osaka, Japan, 2006) (Figura 5);

g) a fluorescência foi determinada pela subtração dos valores de refletância espectral obtidos pela exclusão e inclusão da luz ultra-violeta. Da mesma maneira foram calculadas as coordenadas de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  e sua diferença em função da fluorescência;

h) os dados tabulados foram submetidos a análise estatística.

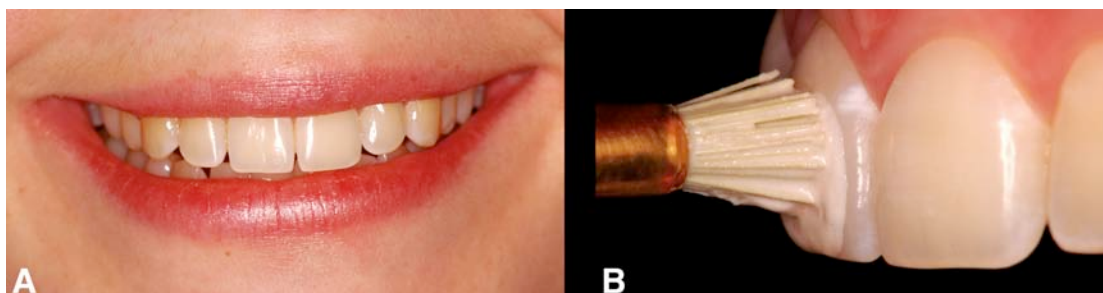


Figura 1. A – Sorriso de um voluntário que apresentava os dentes naturais hígidos, selecionado de acordo com os critérios de inclusão e exclusão desta pesquisa. B – Profilaxia do dente a ser mensurado com pedra-pomes e água.



Figura 2. A – Espectrofotômetro Minolta CM 2600D utilizado nesta pesquisa. B e C – Calibração inicial do aparelho com auxílio de uma placa de calibração que acompanha o aparelho. D e E – Detalhe da regulação dos parâmetros de mensuração.



Figura 3. A – Utilização de afastadores bucais para retração dos lábios e bochechas. B – Secagem do dente a ser mensurado com auxílio de uma gaze. C – Posicionamento do cartão cinza neutro atrás dos dentes, previamente à mensuração.

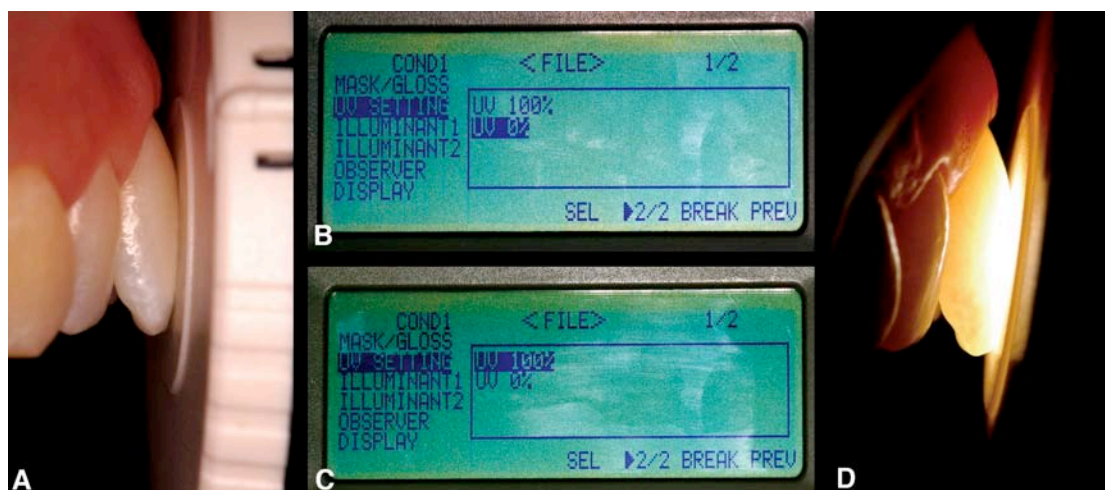


Figura 4. A – Detalhe do posicionamento do espectrofotômetro sobre a superfície dental. B – Exclusão da luz ultra-violeta previamente a realização da primeira mensuração. C – Inclusão da luz ultra-violeta previamente a realização da segunda mensuração. D – Detalhe do momento exato da análise realizada pelo espectrofotômetro.

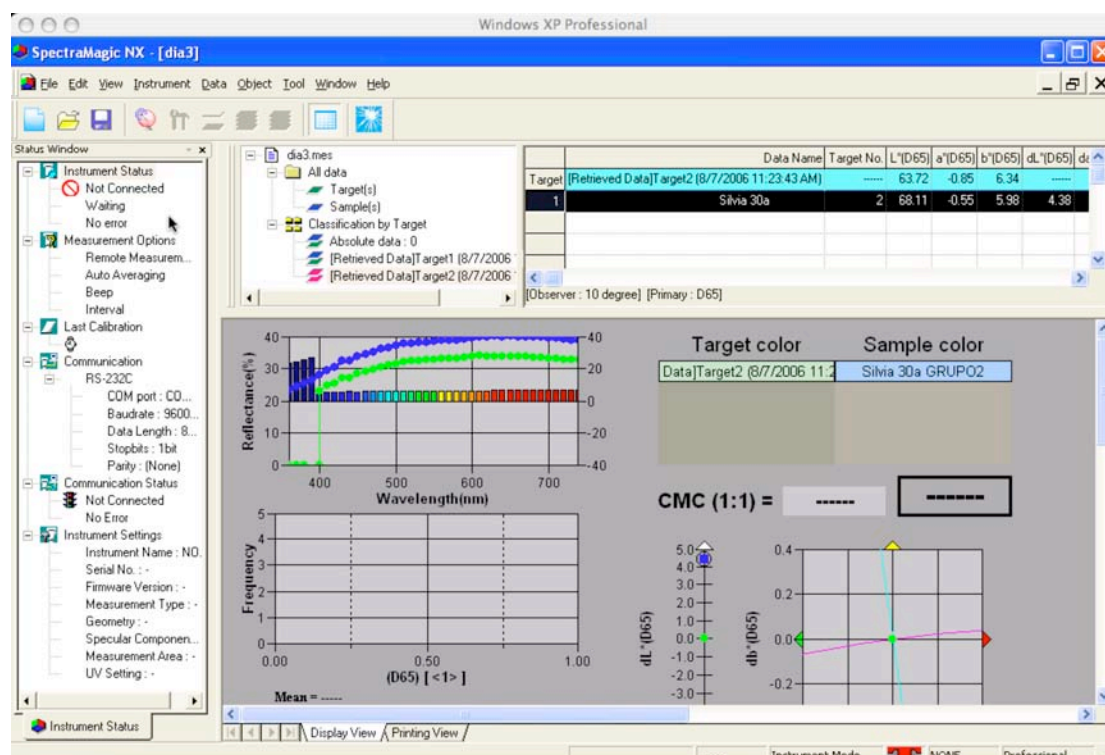


Figura 5. Detalhe do programa SpectraMagic NX, utilizado para a análise dos dados obtidos.

Resultados



## 5 RESULTADOS

### 5.1 Fluorescência dos dentes naturais

Todos os dados relativos à reflectância espectral (nos comprimentos de onda entre 400nm e 740nm), as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , bem como a diferença nestas coordenadas ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  e  $\Delta E^*_{ab}$ ), obtidos pela exclusão e inclusão da luz ultra-violeta em todos os grupos estão descritos nos APÊNDICES de 1 a 4.

O GRÁFICO 1 demonstra a comparação entre a reflectância espectral média observada pela exclusão da luz ultra-violeta em todos os grupos enquanto o GRÁFICO 2 demonstra a comparação entre a reflectância espectral média observada pela inclusão da luz ultra-violeta em todos os grupos.

O efeito da fluorescência (pela inclusão da luz ultra-violeta), pode ser claramente observado pela comparação destes gráficos, pelo aumento da intensidade da reflectância espectral em todos os grupos (GRÁFICO 2).

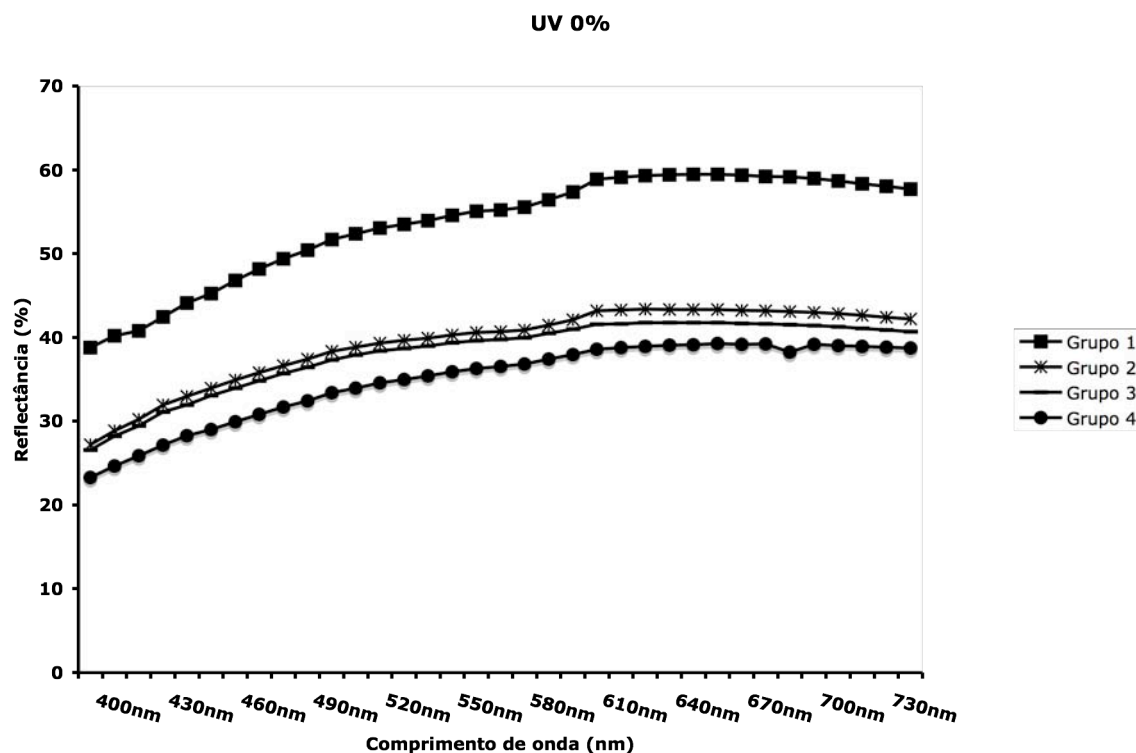


Gráfico 1 - Comparação entre a reflectância espectral média observada pela exclusão da luz ultra-violeta em todos os grupos.

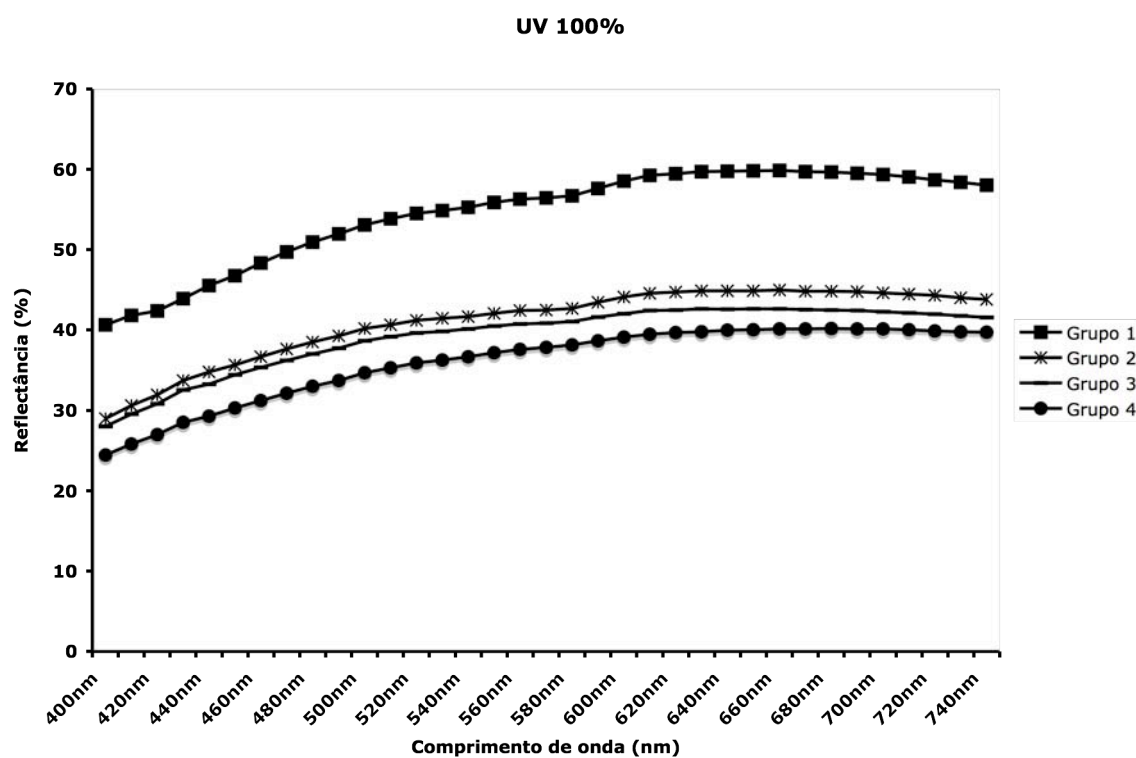


Gráfico 2 - Comparação entre a reflectância espectral média observada pela inclusão da luz ultra-violeta em todos os grupos.

## 5.2 Intensidade da fluorescência (espectro de subtração)

Os dados obtidos a partir da subtração dos valores de reflectância pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta estão dispostos na TABELA 1.

Tabela 1 – Intensidade da fluorescência.

Variável (Comprimento de onda)	Grupo	Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança de 95%	
				Inferior	Superior
d400nm	1	1,865	2,076	0,380	3,350
	2	1,764	1,222	0,890	2,638
	3	1,429	1,365	0,453	2,405
	4	1,138	1,480	0,079	2,197
d410nm	1	1,638	2,163	0,090	3,186
	2	1,732	1,247	0,840	2,624
	3	1,326	1,333	0,373	2,279
	4	1,189	1,328	0,239	2,139
d420nm	1	1,581	2,435	-0,161	3,323
	2	1,726	1,255	0,828	2,624
	3	1,351	1,461	0,306	2,396
	4	1,117	1,337	0,161	2,073
d430nm	1	1,467	2,470	-0,300	3,234
	2	1,772	1,278	0,858	2,686
	3	1,474	1,448	0,438	2,510
	4	1,384	1,632	0,217	2,551
d440nm	1	1,415	2,733	-0,540	3,370
	2	1,801	1,049	1,051	2,551
	3	1,313	1,666	0,121	2,505
	4	0,990	1,553	-0,121	2,101
d450nm	1	1,526	2,268	-0,096	3,148
	2	1,743	1,307	0,808	2,678
	3	1,357	1,472	0,304	2,410
	4	1,280	1,877	-0,063	2,623
d460nm	1	1,526	2,200	-0,048	3,100
	2	1,765	1,287	0,844	2,686
	3	1,383	1,536	0,284	2,482
	4	1,314	2,014	-0,127	2,755
d470nm	1	1,572	2,151	0,033	3,111
	2	1,810	1,283	0,892	2,728
	3	1,382	1,575	0,255	2,509
	4	1,329	2,213	-0,254	2,912

(Continuação)

<b>d480nm</b>	<b>1</b>	1,538	2,061	0,064	3,012
	<b>2</b>	1,839	1,285	0,920	2,758
	<b>3</b>	1,348	1,547	0,241	2,455
	<b>4</b>	1,319	2,327	-0,346	2,984
<b>d490nm</b>	<b>1</b>	1,544	2,000	0,113	2,975
	<b>2</b>	1,845	1,300	0,915	2,775
	<b>3</b>	1,319	1,610	0,167	2,471
	<b>4</b>	1,296	2,484	-0,481	3,073
<b>d500nm</b>	<b>1</b>	1,455	1,961	0,052	2,858
	<b>2</b>	1,874	1,263	0,970	2,778
	<b>3</b>	1,324	1,677	0,124	2,524
	<b>4</b>	1,327	2,604	-0,536	3,190
<b>d510nm</b>	<b>1</b>	1,442	1,846	0,122	2,762
	<b>2</b>	1,840	1,318	0,897	2,783
	<b>3</b>	1,303	1,674	0,105	2,501
	<b>4</b>	1,351	2,767	-0,628	3,330
<b>d520nm</b>	<b>1</b>	1,495	1,749	0,244	2,746
	<b>2</b>	1,877	1,259	0,976	2,778
	<b>3</b>	1,260	1,684	0,055	2,465
	<b>4</b>	1,322	2,834	-0,705	3,349
<b>d530nm</b>	<b>1</b>	1,360	1,766	0,097	2,623
	<b>2</b>	1,811	1,213	0,943	2,679
	<b>3</b>	1,195	1,678	-0,005	2,395
	<b>4</b>	1,270	2,865	-0,779	3,319
<b>d540nm</b>	<b>1</b>	1,324	1,730	0,086	2,562
	<b>2</b>	1,780	1,176	0,939	2,621
	<b>3</b>	1,156	1,711	-0,068	2,380
	<b>4</b>	1,273	2,937	-0,828	3,374
<b>d550nm</b>	<b>1</b>	1,303	1,697	0,089	2,517
	<b>2</b>	1,803	1,176	0,962	2,644
	<b>3</b>	1,132	1,777	-0,139	2,403
	<b>4</b>	1,262	2,991	-0,878	3,402
<b>d560nm</b>	<b>1</b>	1,275	1,607	0,125	2,425
	<b>2</b>	1,813	1,130	1,005	2,621
	<b>3</b>	1,132	1,733	-0,107	2,371
	<b>4</b>	1,270	3,035	-0,901	3,441
<b>d570nm</b>	<b>1</b>	1,261	1,602	0,115	2,407
	<b>2</b>	1,807	1,104	1,017	2,597
	<b>3</b>	1,127	1,769	-0,138	2,392
	<b>4</b>	1,292	3,067	-0,902	3,486
<b>d580nm</b>	<b>1</b>	1,200	1,617	0,044	2,356
	<b>2</b>	1,847	1,116	1,049	2,645
	<b>3</b>	1,110	1,807	-0,183	2,403
	<b>4</b>	1,304	3,101	-0,914	3,522
<b>d590nm</b>	<b>1</b>	1,223	1,557	0,109	2,337
	<b>2</b>	1,957	1,170	1,120	2,794
	<b>3</b>	1,122	1,856	-0,206	2,450
	<b>4</b>	1,266	3,146	-0,984	3,516
<b>d600nm</b>	<b>1</b>	1,183	1,527	0,091	2,275
	<b>2</b>	2,025	1,251	1,130	2,920
	<b>3</b>	1,075	1,957	-0,325	2,475
	<b>4</b>	1,142	3,124	-1,093	3,377

(Continuação)

<b>d610nm</b>	<b>1</b>	0,386	1,609	-0,765	1,537
	<b>2</b>	1,390	0,923	0,730	2,050
	<b>3</b>	0,844	2,229	-0,750	2,438
	<b>4</b>	0,899	2,983	-1,235	3,033
<b>d620nm</b>	<b>1</b>	0,386	1,584	-0,747	1,519
	<b>2</b>	1,467	0,990	0,759	2,175
	<b>3</b>	0,865	2,258	-0,751	2,481
	<b>4</b>	0,901	2,996	-1,242	3,044
<b>d630nm</b>	<b>1</b>	0,379	1,564	-0,740	1,498
	<b>2</b>	1,501	1,024	0,769	2,233
	<b>3</b>	0,874	2,296	-0,768	2,516
	<b>4</b>	0,924	3,024	-1,239	3,087
<b>d640nm</b>	<b>1</b>	0,408	1,531	-0,687	1,503
	<b>2</b>	1,565	1,052	0,813	2,317
	<b>3</b>	0,859	2,301	-0,787	2,505
	<b>4</b>	0,909	2,997	-1,235	3,053
<b>d650nm</b>	<b>1</b>	0,374	1,542	-0,729	1,477
	<b>2</b>	1,566	1,061	0,807	2,325
	<b>3</b>	0,880	2,323	-0,782	2,542
	<b>4</b>	0,953	3,044	-1,225	3,131
<b>d660nm</b>	<b>1</b>	0,384	1,514	-0,699	1,467
	<b>2</b>	1,623	1,111	0,828	2,418
	<b>3</b>	0,864	2,334	-0,806	2,534
	<b>4</b>	0,895	3,014	-1,261	3,051
<b>d670nm</b>	<b>1</b>	0,385	1,456	-0,656	1,426
	<b>2</b>	1,588	1,129	0,780	2,396
	<b>3</b>	0,882	2,310	-0,770	2,534
	<b>4</b>	0,945	3,051	-1,237	3,127
<b>d680nm</b>	<b>1</b>	0,431	1,449	-0,606	1,468
	<b>2</b>	1,671	1,133	0,860	2,482
	<b>3</b>	0,872	2,345	-0,805	2,549
	<b>4</b>	0,937	3,046	-1,242	3,116
<b>d690nm</b>	<b>1</b>	0,372	1,456	-0,669	1,413
	<b>2</b>	1,669	1,155	0,843	2,495
	<b>3</b>	0,886	2,371	-0,810	2,582
	<b>4</b>	0,933	3,045	-1,245	3,111
<b>d700nm</b>	<b>1</b>	0,374	1,432	-0,651	1,399
	<b>2</b>	1,661	1,155	0,835	2,487
	<b>3</b>	0,878	2,349	-0,802	2,558
	<b>4</b>	0,932	3,044	-1,246	3,110
<b>d710nm</b>	<b>1</b>	0,395	1,423	-0,623	1,413
	<b>2</b>	1,667	1,192	0,814	2,520
	<b>3</b>	0,886	2,371	-0,810	2,582
	<b>4</b>	0,975	3,068	-1,219	3,169
<b>d720nm</b>	<b>1</b>	0,366	1,362	-0,608	1,340
	<b>2</b>	1,678	1,212	0,811	2,545
	<b>3</b>	0,874	2,375	-0,825	2,573
	<b>4</b>	0,967	3,082	-1,238	3,172
<b>d730nm</b>	<b>1</b>	0,356	1,366	-0,621	1,333
	<b>2</b>	1,650	1,176	0,809	2,491
	<b>3</b>	0,859	2,366	-0,834	2,552
	<b>4</b>	0,950	3,063	-1,241	3,141

(Conclusão)

<b>d740nm</b>	<b>1</b>	0,350	1,364	-0,626	1,326
	<b>2</b>	1,616	1,161	0,785	2,447
	<b>3</b>	0,864	2,369	-0,831	2,559
	<b>4</b>	0,986	3,078	-1,216	3,188

A partir destes dados foi realizada análise de variância de um fator. O nível de significância foi de 5% (TABELA 2).

Tabela 2: Análise de variância com base nos comprimentos de onda.

<b>Variável</b> <b>(Comp de onda)</b>	<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma dos</b> <b>quadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Quadrados</b> <b>Médios</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>d400nm</b>	Entre grupos	3,294	3	1,098	0,446	<b>0,722</b>
	Dentro dos grupos	88,684	36	2,463		
	Total	91,978	39			
<b>d410nm</b>	Entre grupos	1,966	3	0,655	0,268	<b>0,848</b>
	Dentro dos grupos	87,971	36	2,444		
	Total	89,937	39			
<b>d420nm</b>	Entre grupos	2,139	3	0,713	0,250	<b>0,861</b>
	Dentro dos grupos	102,847	36	2,857		
	Total	104,985	39			
<b>d430nm</b>	Entre grupos	0,869	3	0,290	0,093	<b>0,964</b>
	Dentro dos grupos	112,460	36	3,124		
	Total	113,328	39			
<b>d440nm</b>	Entre grupos	3,351	3	1,117	0,325	<b>0,807</b>
	Dentro dos grupos	123,805	36	3,439		
	Total	127,155	39			
<b>d450nm</b>	Entre grupos	1,264	3	0,421	0,134	<b>0,939</b>
	Dentro dos grupos	112,882	36	3,136		
	Total	114,145	39			
<b>d460nm</b>	Entre grupos	1,192	3	0,397	0,123	<b>0,946</b>
	Dentro dos grupos	116,195	36	3,228		
	Total	117,387	39			
<b>d470nm</b>	Entre grupos	1,423	3	0,474	0,139	<b>0,936</b>
	Dentro dos grupos	122,846	36	3,412		
	Total	124,269	39			
<b>d480nm</b>	Entre grupos	1,717	3	0,572	0,167	<b>0,918</b>
	Dentro dos grupos	123,385	36	3,427		
	Total	125,102	39			
<b>d490nm</b>	Entre grupos	1,953	3	0,651	0,180	<b>0,909</b>
	Dentro dos grupos	130,035	36	3,612		
	Total	131,988	39			
<b>d500nm</b>	Entre grupos	2,027	3	0,676	0,180	<b>0,909</b>
	Dentro dos grupos	135,333	36	3,759		
	Total	137,360	39			

(Continuação)

<b>d510nm</b>	Entre grupos	1,790	3	0,597	0,153	<b>0,927</b>
	Dentro dos grupos	140,406	36	3,900		
	Total	142,196	39			
<b>d520nm</b>	Entre grupos	2,309	3	0,770	0,198	<b>0,897</b>
	Dentro dos grupos	139,641	36	3,879		
	Total	141,950	39			
<b>d530nm</b>	Entre grupos	2,291	3	0,764	0,196	<b>0,899</b>
	Dentro dos grupos	140,493	36	3,903		
	Total	142,785	39			
<b>d540nm</b>	Entre grupos	2,247	3	0,749	0,188	<b>0,904</b>
	Dentro dos grupos	143,364	36	3,982		
	Total	145,611	39			
<b>d550nm</b>	Entre grupos	2,602	3	0,867	0,212	<b>0,887</b>
	Dentro dos grupos	147,282	36	4,091		
	Total	149,884	39			
<b>d560nm</b>	Entre grupos	2,719	3	0,906	0,226	<b>0,878</b>
	Dentro dos grupos	144,684	36	4,019		
	Total	147,403	39			
<b>d570nm</b>	Entre grupos	2,680	3	0,893	0,219	<b>0,883</b>
	Dentro dos grupos	146,878	36	4,080		
	Total	149,557	39			
<b>d580nm</b>	Entre grupos	3,283	3	1,094	0,262	<b>0,853</b>
	Dentro dos grupos	150,631	36	4,184		
	Total	153,914	39			
<b>d590nm</b>	Entre grupos	4,366	3	1,455	0,340	<b>0,797</b>
	Dentro dos grupos	154,180	36	4,283		
	Total	158,546	39			
<b>d600nm</b>	Entre grupos	6,022	3	2,007	0,459	<b>0,713</b>
	Dentro dos grupos	157,401	36	4,372		
	Total	163,423	39			
<b>d610nm</b>	Entre grupos	5,058	3	1,686	0,390	<b>0,761</b>
	Dentro dos grupos	155,765	36	4,327		
	Total	160,823	39			
<b>d620nm</b>	Entre grupos	5,868	3	1,956	0,445	<b>0,722</b>
	Dentro dos grupos	158,090	36	4,391		
	Total	163,958	39			
<b>d630nm</b>	Entre grupos	6,324	3	2,108	0,471	<b>0,705</b>
	Dentro dos grupos	161,186	36	4,477		
	Total	167,510	39			
<b>d640nm</b>	Entre grupos	6,811	3	2,270	0,512	<b>0,676</b>
	Dentro dos grupos	159,539	36	4,432		
	Total	166,350	39			
<b>d650nm</b>	Entre grupos	7,160	3	2,387	0,525	<b>0,668</b>
	Dentro dos grupos	163,516	36	4,542		
	Total	170,675	39			
<b>d660nm</b>	Entre grupos	7,834	3	2,611	0,578	<b>0,633</b>
	Dentro dos grupos	162,507	36	4,514		
	Total	170,341	39			
<b>d670nm</b>	Entre grupos	7,309	3	2,436	0,540	<b>0,658</b>
	Dentro dos grupos	162,314	36	4,509		
	Total	169,623	39			

## (Conclusão)

<b>d680nm</b>	Entre grupos	7,924	3	2,641	0,582	<b>0,631</b>
	Dentro dos grupos	163,417	36	4,539		
	Total	171,341	39			
<b>d690nm</b>	Entre grupos	8,545	3	2,848	0,621	<b>0,606</b>
	Dentro dos grupos	165,112	36	4,586		
	Total	173,657	39			
<b>d700nm</b>	Entre grupos	8,423	3	2,808	0,618	<b>0,608</b>
	Dentro dos grupos	163,562	36	4,543		
	Total	171,985	39			
<b>d710nm</b>	Entre grupos	8,231	3	2,744	0,594	<b>0,623</b>
	Dentro dos grupos	166,298	36	4,619		
	Total	174,529	39			
<b>d720nm</b>	Entre grupos	8,753	3	2,918	0,632	<b>0,599</b>
	Dentro dos grupos	166,138	36	4,615		
	Total	174,891	39			
<b>d730nm</b>	Entre grupos	8,511	3	2,837	0,622	<b>0,605</b>
	Dentro dos grupos	164,107	36	4,559		
	Total	172,617	39			
<b>d740nm</b>	Entre grupos	8,122	3	2,707	0,592	<b>0,624</b>
	Dentro dos grupos	164,625	36	4,573		
	Total	172,747	39			

Pela análise, pode-se observar que **não houve diferença estatisticamente significativa** entre os grupos em nenhum dos comprimentos de onda avaliados (valores de  $p > 0,05$ ). A hipótese de igualdade entre os grupos foi aceita.

Os GRÁFICOS de 3 a 6 apresentam a intensidade da fluorescência de cada um dos grupos, calculada pela diferença entre a reflectância espectral média observada pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta. O GRÁFICO 7 demonstra a comparação entre os grupos.



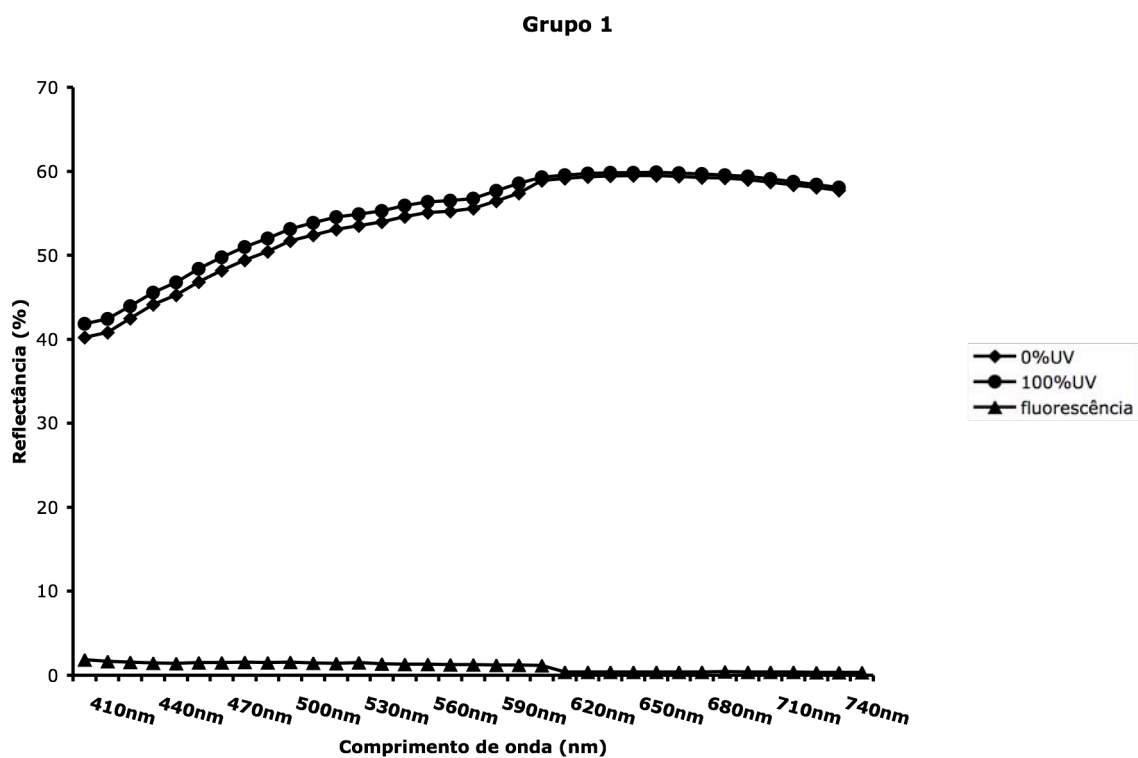


Gráfico 3 - Grupo 1 - reflectância espectral média observada pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta e a fluorescência calculada pela sua diferença.

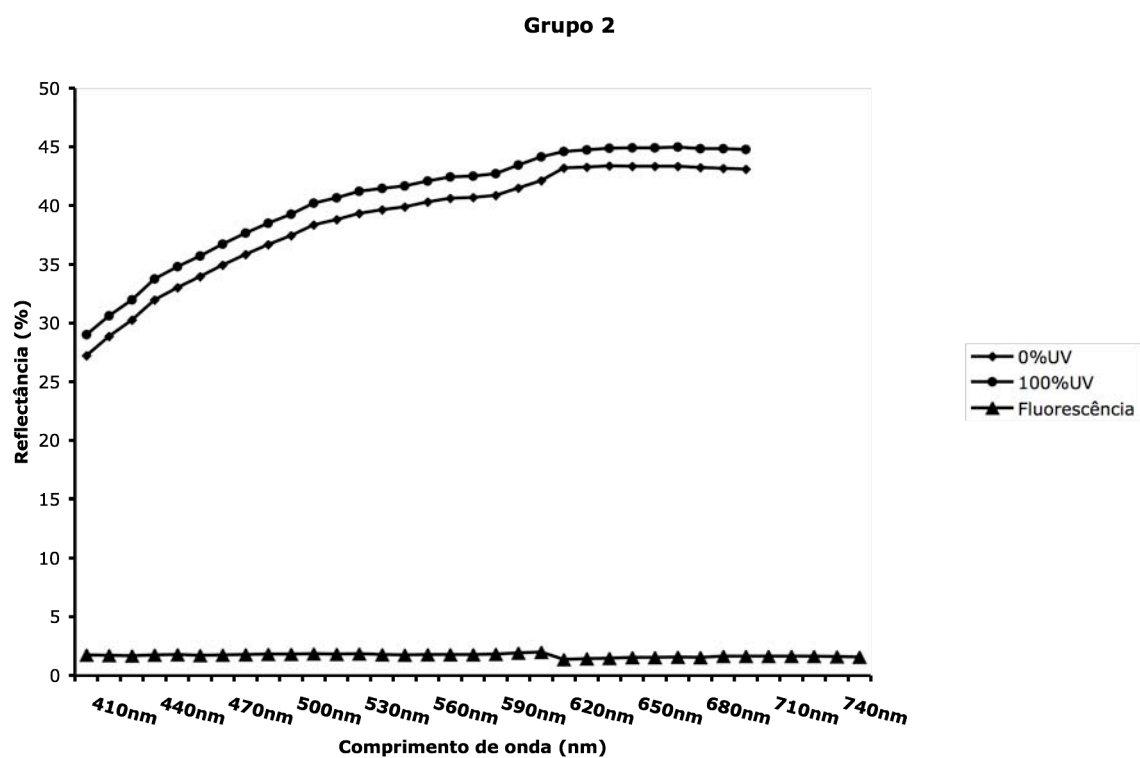


Gráfico 4 - Grupo 2 - reflectância espectral média observada pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta e a fluorescência calculada pela sua diferença.

Grupo 3

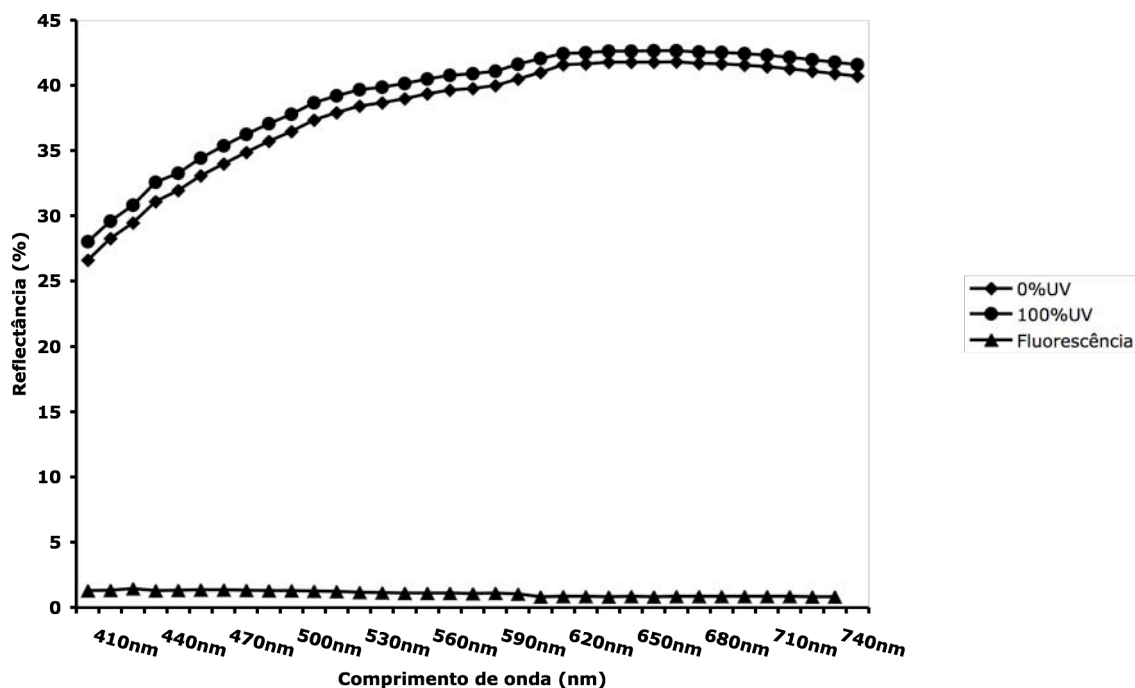


Gráfico 5 - Grupo 3 - reflectância espectral média observada pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta e a fluorescência calculada pela sua diferença.

Grupo 4

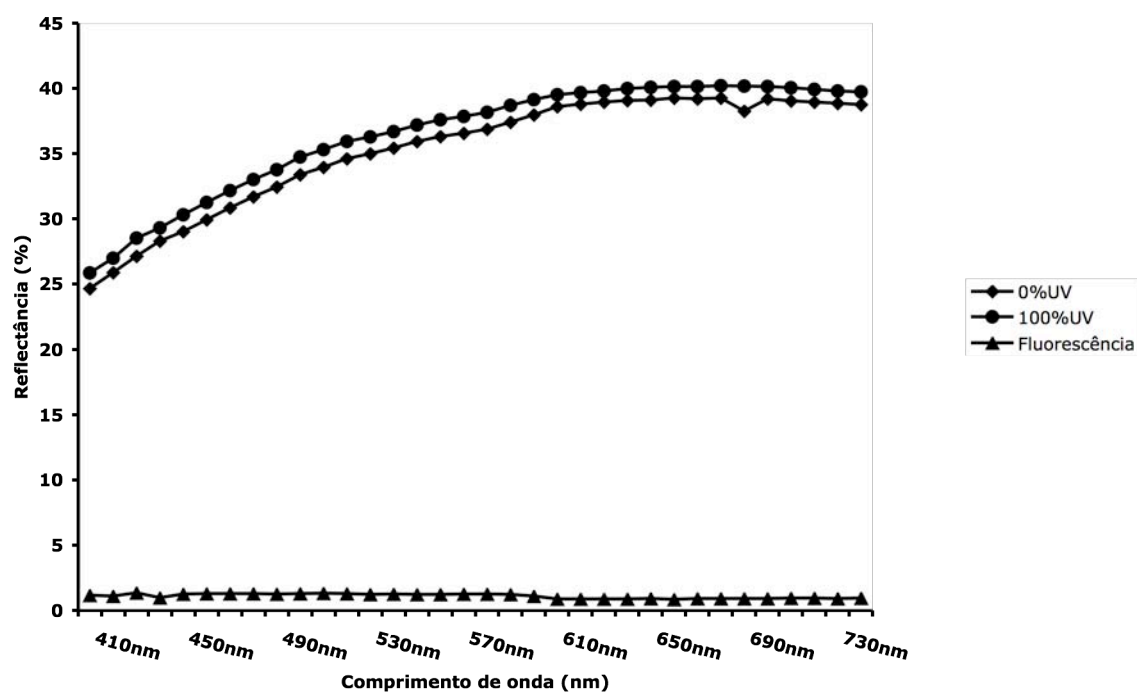


Gráfico 6 - Grupo 4 - reflectância espectral média observada pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta e a fluorescência calculada pela sua diferença.

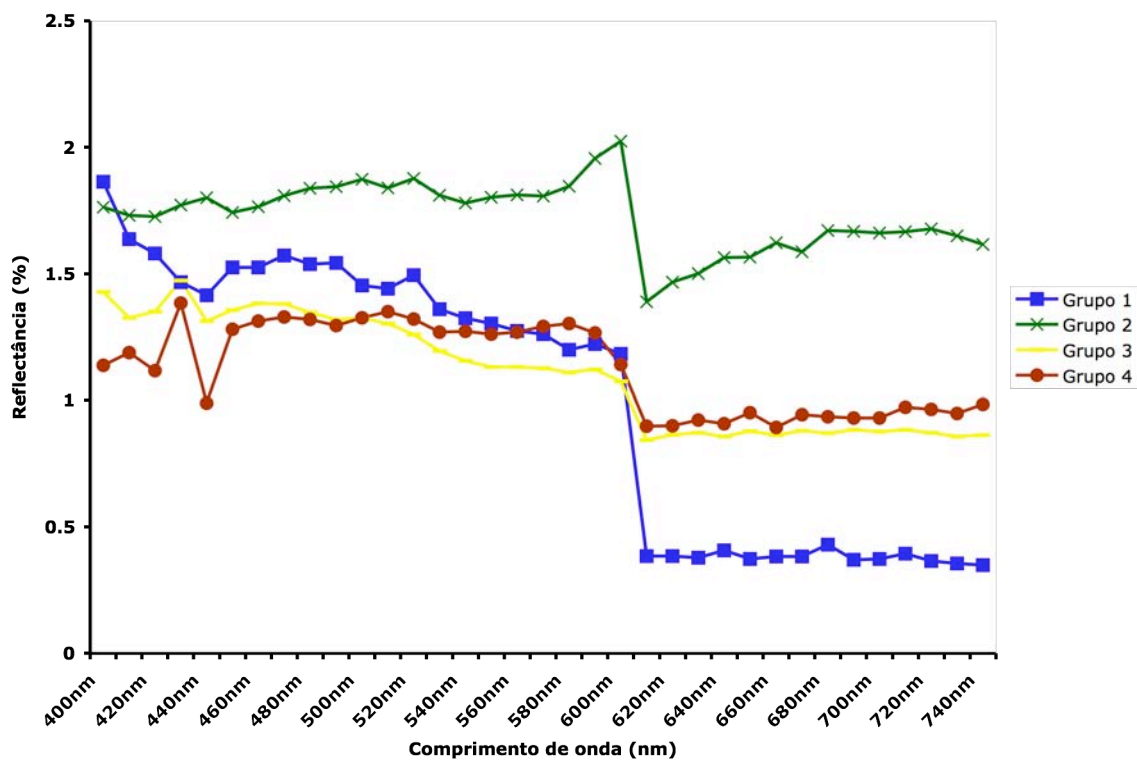


Gráfico 7 - Comparação entre a intensidade de fluorescência obtida pela diferença entre a reflectância espectral média observada pela exclusão ou inclusão da luz ultra-violeta.

### 5.3 Análise das coordenadas $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ .

Os valores das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , resultantes da inclusão da luz ultra-violeta estão descritos na TABELA 3.

A variável  $L^*$  não apresentou homogeneidade de variâncias e foi submetida a prova de Kruskal Wallis (TABELA 4 e GRÁFICO 8).

Tabela 3 – Valores das coordenadas L\*, a\* e b\*, resultantes da inclusão da luz ultra-violeta.

Variável LAB	Grupo	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Intervalo de Confiança de 95%	
					Inferior	Superior
L	1	77,77	12,719	4,022	68,671	86,869
	2	70,755	2,611	0,826	68,887	72,623
	3	69,507	3,657	1,156	66,891	72,123
	4	67,158	1,965	0,621	65,752	68,564
A	1	-0,073	0,561	0,177	-0,474	0,328
	2	-0,013	0,492	0,156	-0,365	0,339
	3	-0,351	0,352	0,111	-0,603	-0,099
	4	0,164	0,463	0,147	-0,168	0,496
B	1	8,747	2,375	0,751	7,048	10,446
	2	7,834	2,799	0,885	5,832	9,836
	3	7,401	2,232	0,706	5,804	8,998
	4	8,940	2,496	0,789	7,155	10,725

Tabela 4 – Comparação dos grupos experimentais (variável L\*) pela prova de Kruskal-Wallis (alfa=0,05).

Grupo experimental	N	Rank Médio	Chi-Square	gl	Valor p
1	10	29	12,75	3	0,005
2	10	23,2			
3	10	18,9			
4	10	10,9			
Total	40				

Pelos resultados, pode-se observar que **houve diferença estatisticamente significativa** entre os grupos na variável L\* (valor de p = 0,005). De acordo com os valores de rank médio, o grupo 1 apresentou o valor mais alto e o grupo 4 o valor mais baixo (Gráfico 8).

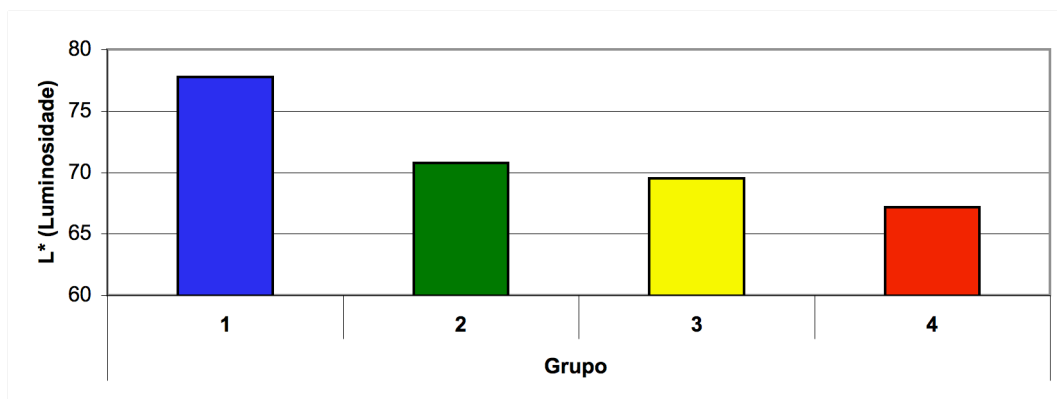


Gráfico 8 – Média dos valores de L\* para todos os grupos.

As variáveis  $a^*$  e  $b^*$  apresentaram homogeneidade de variâncias e distribuição normal e foram submetidas a análise de variância de uma via (TABELA 5).

Tabela 5 - Análise de variância com base nas variáveis  $a^*$  e  $b^*$  ( $\alpha=0,05$ ).

Variável $a^*$ e $b^*$	Fonte de Variação	Soma dos quadrados	gl	Quadrados Médios	Valor F	Valor p
<b>A</b>	Entre grupos	1,370	3	0,457	2,038	0,126
	Dentro dos grupos	8,064	36	0,224		
	Total	9,434	39			
<b>B</b>	Entre grupos	16,154	3	5,385	0,873	0,464
	Dentro dos grupos	222,146	36	6,171		
	Total	238,300	39			

Pelos resultados, pode-se observar que **não houve diferença significativa** entre os grupos nas variáveis  $a^*$  e  $b^*$  (valor de  $p>0,05$ ). Tal resultado pode ser confirmado pela análise dos gráficos de cromaticidade (GRÁFICOS 9 a 12), em que a coordenada  $L^*$  (luminosidade) não é considerada.

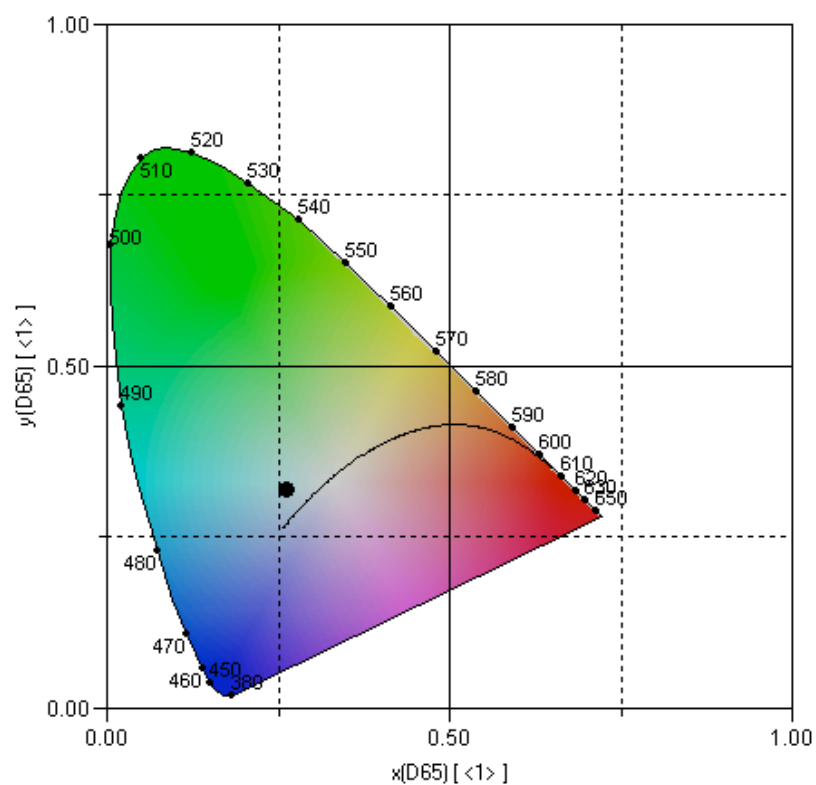


Gráfico 9 - Diagrama de cromaticidade CIE representando a cor média observada no Grupo 1.

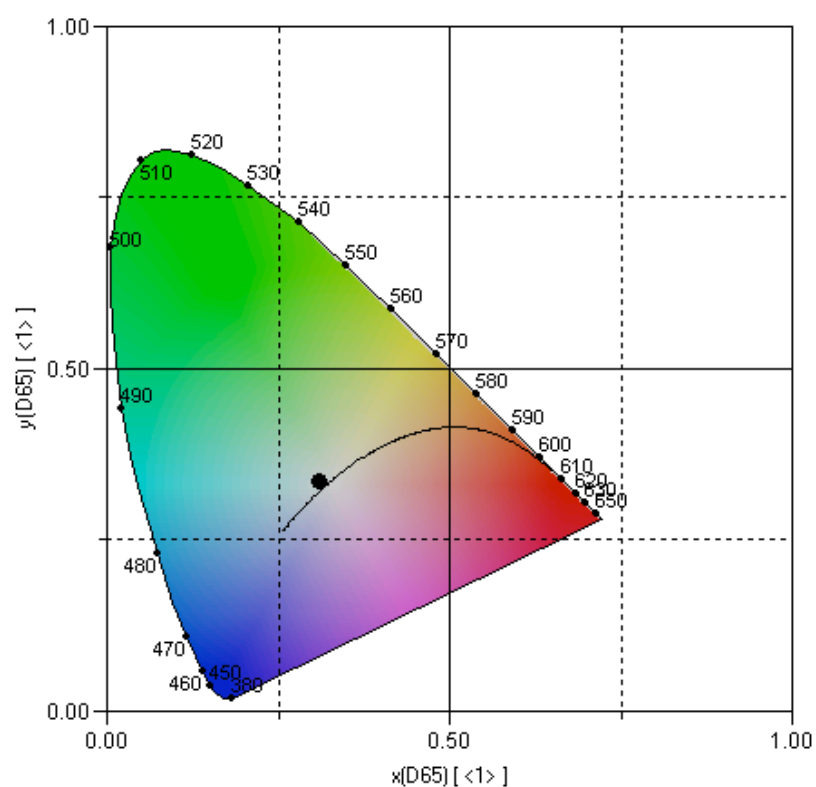


Gráfico 10 - Diagrama de cromaticidade CIE representando a cor média observada no Grupo 2.

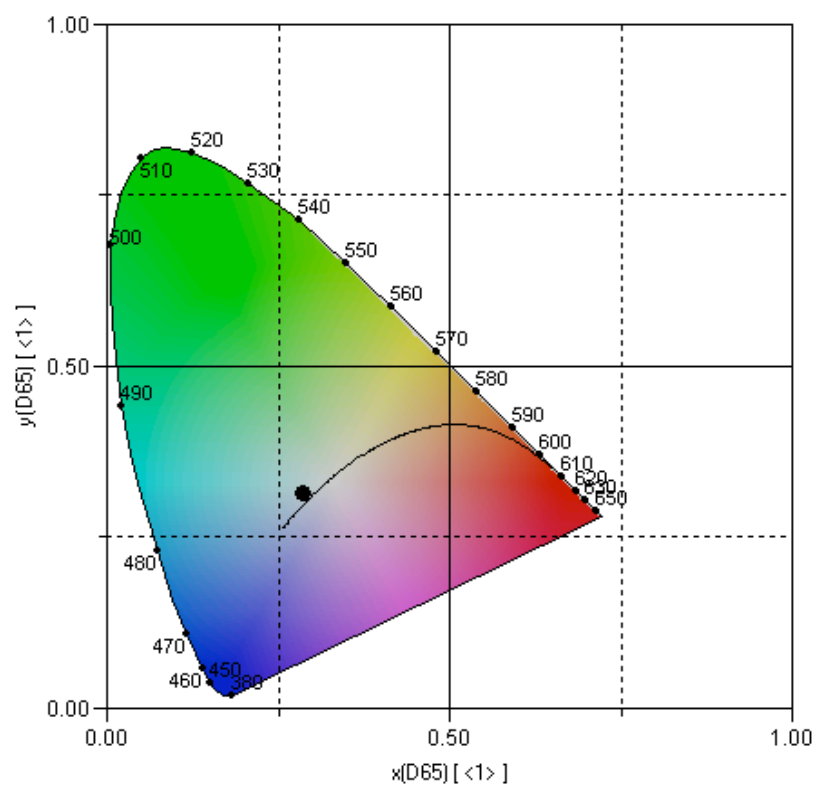


Gráfico 11 - Diagrama de cromaticidade CIE representando a cor média observada no Grupo 3.

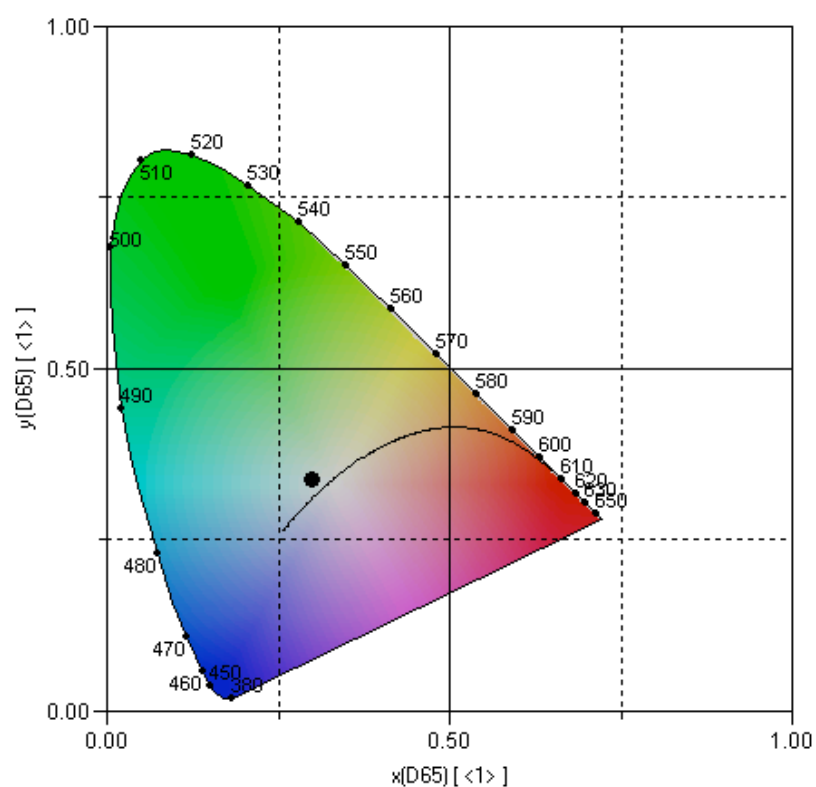


Gráfico 12 - Diagrama de cromaticidade CIE representando a cor média observada no Grupo 4.

#### 5.4 Análise da diferença das coordenadas L\*, a\* e b\*.

O cálculo da diferença entre os valores das coordenadas L\*, a\* e b\*, resultante da exclusão e inclusão da luz ultra-violeta bem como a diferença de cor ( $\Delta E^*_{ab}$ ), calculada através da fórmula  $\Delta E^*_{ab} = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}$ , foi automaticamente realizado pelo espectrofotômetro e estão descritos na TABELA 6.

Tabela 6 – Diferença entre as coordenadas L\*, a\* e b\* e diferença de cor ( $\Delta E^*_{ab}$ ), calculadas pela exclusão e inclusão da luz ultra-violeta.

Variável	Grupo	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Intervalo de Confiança de 95%	
					Inferior	Superior
$\Delta L^*$	1	0,810	0,982	0,310	0,108	1,512
	2	1,283	0,856	0,271	0,671	1,895
	3	0,830	1,359	0,430	-0,142	1,802
	4	0,967	2,188	0,692	-0,598	2,532
$\Delta a^*$	1	-0,409	0,293	0,093	-0,618	-0,200
	2	-0,228	0,635	0,201	-0,682	0,226
	3	-0,163	0,446	0,141	-0,482	0,156
	4	-0,271	0,382	0,121	-0,544	0,002
$\Delta b^*$	1	-0,655	0,979	0,309	-1,355	0,045
	2	-0,189	0,881	0,279	-0,819	0,441
	3	-0,499	0,787	0,249	-1,062	0,064
	4	-0,277	1,049	0,332	-1,028	0,474
$\Delta E^*_{ab}$	1	1,566	0,814	0,257	0,984	2,148
	2	1,694	0,750	0,237	1,158	2,230
	3	1,495	1,122	0,355	0,692	2,298
	4	1,878	1,826	0,577	0,572	3,184

A partir destes dados foi realizada análise de variância de um fator, separadamente para cada variável (TABELA 7).



Tabela 7 – Análise de variância ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  e  $\Delta E^*ab$ ).

Variável	Fonte de Variação	Soma dos quadrados	gl	Quadrados Médios	Valor F	Valor p
$\Delta L^*$	Entre grupos	1,432	3	0,477	0,229	0,876
	Dentro dos grupos	74,981	36	2,083		
	Total	76,412	39			
$\Delta a^*$	Entre grupos	0,325	3	0,108	0,520	0,671
	Dentro dos grupos	7,502	36	0,208		
	Total	7,827	39			
$\Delta b^*$	Entre grupos	1,344	3	0,448	0,519	0,672
	Dentro dos grupos	31,088	36	0,864		
	Total	32,431	39			
$\Delta E^*ab$	Entre grupos	0,847	3	0,282	0,194	0,900
	Dentro dos grupos	52,351	36	1,454		
	Total	53,198	39			

Pela análise, pode-se observar que **não houve diferença estatisticamente significativa** entre os grupos em nenhum dos comprimentos de onda avaliados (valores de  $p > 0,05$ ). A hipótese de igualdade entre os grupos foi aceita.

O GRÁFICO 13 demonstra o efeito da inclusão da luz ultra-violeta (fluorescência) nas coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

A comparação entre a mudança de cor ( $\Delta E^*ab$ ) e as mudanças nos parâmetros entre o amarelo e o azul ( $\Delta b^*$ ) esta demonstrada no GRÁFICO 14.

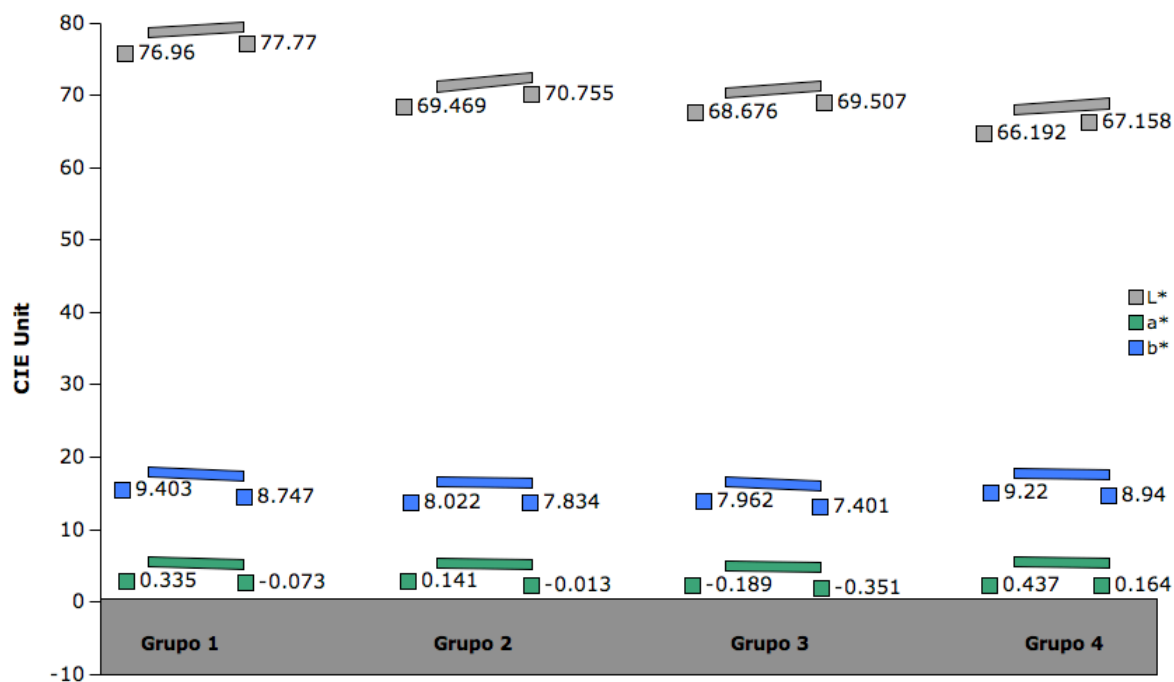


Gráfico 13 - Valores médios das coordenadas L\*, a\* e b\*, calculados pela exclusão (primeiro valor) e pela inclusão (segundo valor) da luz ultra-violeta.

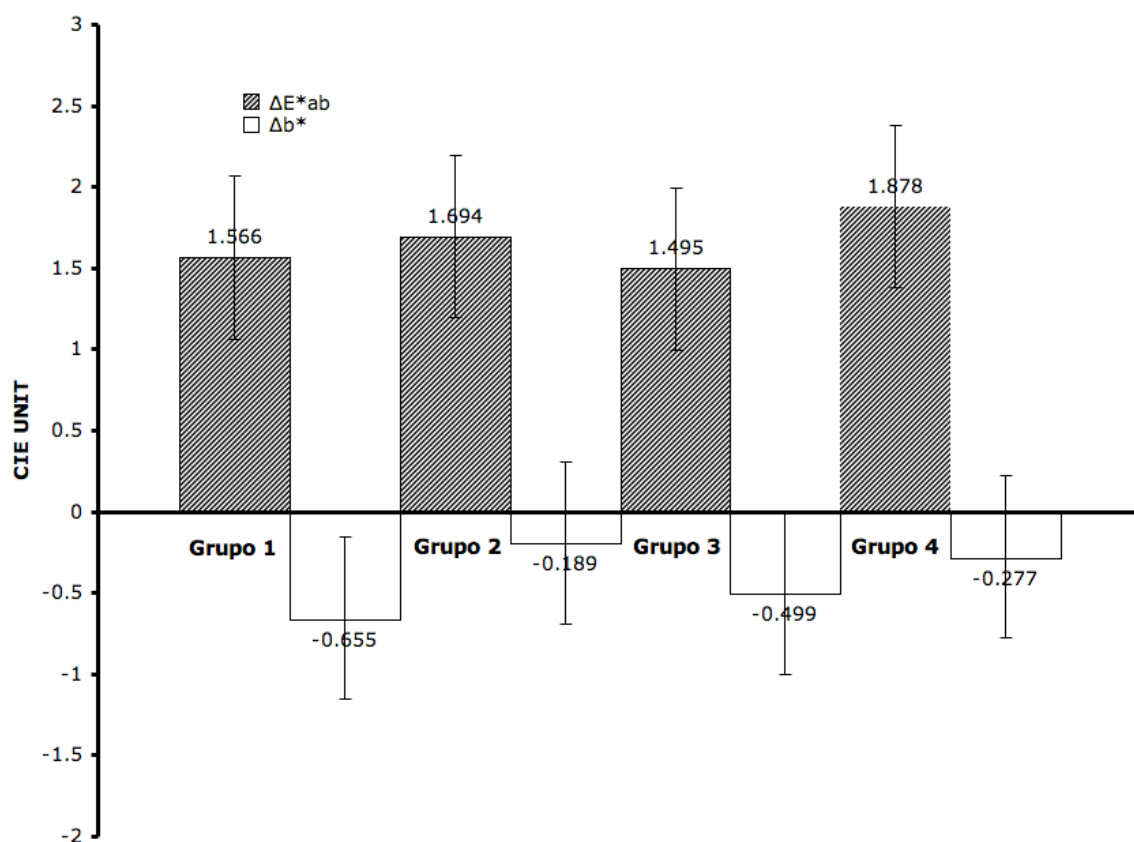


Gráfico 14 - Valores de  $\Delta E^*ab$  e  $\Delta b^*$  obtidos pela exclusão e inclusão da luz ultra-violeta.

Discussão

## **6 DISCUSSÃO**

### **6.1 Relevância desta pesquisa**

A demanda por resultados esteticamente atrativos desafia os clínicos à produzirem restaurações (diretas e indiretas) e próteses que reproduzam não somente a forma e a função mas também a aparência dos dentes naturais. Esta aparência final vai depender das características de forma (contorno e textura de superfície) e principalmente da cor final obtida. Restaurações esteticamente superiores são possíveis de serem realizadas atualmente graças à evolução e às melhorias dos materiais e das técnicas restauradoras. Entretanto, a avaliação das propriedades de cor e a sua adequada reprodução é considerada uma das tarefas mais desafiadoras dentro da odontologia restauradora e estética (BARATIERI; ARAÚJO JR; MONTEIRO JR, 2005; SENSI et al., 2006).

O controle da cor das restaurações é difícil basicamente porque o processo é realizado essencialmente de maneira visual. Desta maneira, vários fatores influenciam este processo como as diferenças individuais com relação ao entendimento e percepção da cor, a experiência e treinamento do observador, as condições de iluminação ou a utilização de escalas de cor inadequadas (TUNG et al., 2002).

Se a percepção das características básicas da cor dos dentes já pode ser considerada uma tarefa difícil, a percepção e comunicação de

propriedades ópticas especiais, tais como a fluorescência, é ainda mais delicada. A fluorescência é um fenômeno óptico inerente aos dentes naturais que ocorre pela absorção de energia luminosa em um espectro invisível e a emissão desta energia no espectro visível, em forma de luz. A reprodução adequada desta característica pode ser crucial em algumas situações clínicas e depende exclusivamente da utilização de materiais que possuam características fluorescentes semelhantes àsquelas do dente em questão a ser restaurado. Assim, torna-se necessário conhecer o comportamento desta característica fluorescente presente tanto nos materiais restauradores como nos dentes naturais (WINTER, 1993; VANINI, 1996; MCLAREN, 1997; DIETSCHI, 2001; FONDRIEST, 2003; MILLER, 2003; MILLER, 2004; BARATIERI; ARAÚJO JR; MONTEIRO JR, 2005; VILLAROEL et al., 2005; SENSI et al., 2006).

A análise instrumental da cor, pela utilização de colorímetros vêm sendo proposta e utilizada para a avaliação e especificação das propriedades da cor de dentes naturais (*in vivo*) (GOODKIND; SCHWABACHER, 1987; GEGAUFF et al., 1993; RUBINO et al., 1994; DOUGLAS, 1997; ZHAO; ZHU, 1998), dentes naturais extraídos (OKUBO et al., 1998; HINDLE; HARRISON, 2000) e materiais restauradores (GOVEIA, 2004). Entretanto, estes aparelhos possuem funções limitadas e a informação fornecida por eles limita-se a luminosidade e as coordenadas de cromaticidade (ex. matiz e croma). Quando se deseja a mensuração de propriedades ópticas mais complexas tais como a reflectância, transmitância, translucidez, opalescência e, neste

caso, a fluorescência, se faz necessário a utilização de aparelhos mais sofisticados como os espectrofotômetros.

Diferente dos colorímetros, os espectrofotômetros são capazes de medir o espectro de reflectância de objetos individualmente em cada comprimento de onda e para a adequada mensuração da fluorescência, a utilização de um espectrofotômetro que possua regulagem da luz ultra-violeta se faz imprescindível (TUNG et al., 2002). Os espectrofotômetros convencionais caracterizam-se por serem aparelhos de mesa, grandes e inviáveis de serem utilizados em um ambiente clínico dentro da odontologia. Talvez por este motivo, algumas das pesquisas sobre a fluorescência tenham sido realizadas em nível laboratorial, utilizando dentes naturais extraídos ou até mesmo secções, pós ou soluções preparadas a partir das substâncias duras dos dentes (SPITZER; TEN BOSCH, 1976; PANZERI; FERNANDES; MINELLI, 1977; FOREMAN, 1980; ARAKI ET AL., 1990; TEN BOSCH; COOPS, 1995; MATSUMOTO; KITAMURA; ARAKI, 1999).

Com a evolução tecnológica dos espectrofotômetros, aparelhos portáteis, com funções e aplicações similares a dos aparelhos convencionais, foram lançados para a utilização principalmente em nível industrial (ex. tintas, tecidos). Entretanto, não demorou muito tempo até que a sua utilização fosse proposta dentro da odontologia (NAKAMURA et al., 2004; GUAN et al., 2005). Como registro, a presente pesquisa foi a primeira a propor a mensuração da fluorescência presente em dentes naturais em um ambiente clínico.

Tal informação é de fundamental relevância uma vez que o cenário laboratorial em pouco simula o cenário clínico. As pesquisas laboratoriais além de não reproduzirem as condições de temperatura e hidratação encontradas clinicamente, também não consideram a influência da polpa dental e até mesmo da gengiva na cor final dos dentes. Assim sendo, esta pesquisa mensurou a fluorescência considerando o dente como um todo, diferente de algumas pesquisas que mensuraram a fluorescência da dentina e do esmalte individualmente (SPITZER; TEN BOSCH, 1976; MATSUMOTO; KITAMURA; ARAKI, 1999; LEE; LU; POWERS, 2005a).

As informações coletadas a partir desta pesquisa contribuem para o conhecimento da característica fluorescente dos dentes naturais, podendo servir como referência para a adequada seleção e desenvolvimento dos materiais restauradores.

## **6.2 Considerações sobre a metodologia**

A divisão dos grupos experimentais por diferentes faixas etárias procurou prover uma amostragem representativa de dentes de diferentes idades e com diferentes espessuras de esmalte e dentina, afim de se observar a possível influência destes tecidos na análise da fluorescência.

Apesar de todo cuidado ter sido tomado para padronização dos procedimentos de mensuração, em determinados momentos foram

observadas variações nas leituras de cor que podem ser atribuídas a muitos fatores, incluindo o fato de que os dentes não possuem a mesma distribuição de cor em sua estrutura ou pela alteração do índice de reflexão da superfície dental, causada pela presença remanescente de placa, saliva ou alguma alteração estrutural não visualizada clinicamente (TUNG et al., 2002).

Os próprios procedimentos de mensuração podem ter introduzido variações como o posicionamento da abertura do espectrofotômetro e o ângulo do posicionamento pois o espectrofotômetro utilizado não foi originalmente projetado para utilização intra-oral e a falta de uma acomodação anatômica deste aparelho muitas vezes prejudicava ou mesmo inviabilizava a sua adequada utilização. Além disso, a própria característica superficial dos dentes naturais pode ter influenciado a mensuração pois nem todos os dentes naturais possuíam uma superfície plana que acomodasse de maneira uniforme os 6,0mm da abertura do espectrofotômetro. Outra medida tomada para minimizar estas variações foi a realização de três mensurações em cada dente, sendo que somente a média dos valores foi considerada.

A análise de cor foi repetida nos casos de dúvida em relação ao correto posicionamento ou a angulação do espectrofotômetro. Desta maneira aqueles voluntários que apresentaram variações ou discrepâncias nos valores de leitura da cor foram excluídos desta pesquisa.

A metodologia utilizada nesta pesquisa para a avaliação da fluorescência foi descrita recentemente, em que a diferença na refletância



espectral obtida através de mensurações com ou sem o componente ultra-violeta pode ser considerada como a intensidade de fluorescência (LEE; LU; POWERS, 2005a; LEE; LU; POWERS, 2005b).

As mensurações espectrofotométricas podem variar de acordo com a geometria de medição e com o tipo de iluminante utilizado. O iluminante selecionado para esta pesquisa, D65, representa a luz média do dia com uma temperatura de cor de aproximadamente 6500 Kelvins. A intensidade da emissão deste iluminante é bastante forte (de 37 a 69%) no comprimento de onda relativo à luz ultra-violeta (de 330nm a 395 nm) (LEE; LU; POWERS, 2005a).

Alguns estudos que utilizaram comprimentos de onda únicos para a excitação da fluorescência (ex. 330nm, 380nm) e observaram a emissão da fluorescência apenas em alguns comprimentos de onda relativos ao espectro visível da luz azul (ex. 410nm, 450nm) (BRANCHINI; ZANOTI, 1969; HALL, 1970; SPITZER; TEN BOSCH, 1976).

Entretanto, como a iluminação a qual nós estamos sujeitos no dia-a-dia não é monocromática, a utilização de um iluminante que simula não somente a luz do dia mas também a luz ultra-violeta contida nela, como o iluminante D65, é clinicamente relevante (LEE; LU; POWERS, 2005a). Nesta pesquisa, a fluorescência foi excitada em todo o comprimento de onda da luz ultra-violeta longa (de 330nm a 395 nm) e a sua emissão foi observada ao

longo de todo comprimento de onda de luz visível (de 400nm a 740nm), possibilitando uma ampla observação do efeito fluorescente.

O espectrofotômetro utilizado nesta pesquisa executou com sucesso a mensuração clínica da fluorescência de dentes naturais, entretanto a sua utilização rotineira em um ambiente clínico seria limitada pelo seu formato não anatômico, por possuir um modo de operação complexo e um alto custo.

### **6.3 Resultados encontrados**

Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em nenhum dos comprimentos de onda avaliados com relação à intensidade de fluorescência, observada a partir do espectro de subtração obtido entre as mensurações realizadas com e sem a faixa de luz ultra-violeta (TABELAS 1 e 2). Assim sendo, pode-se dizer que a intensidade da fluorescência observada clinicamente em dentes humanos demonstrou não ter relação com a idade dos pacientes.

A intensidade de emissão da fluorescência variou desde 2,025 e 0,350, dependendo do comprimento de onda analisado (TABELA 1). Entretanto, não foram observadas diferenças significantes entre os grupos e um padrão da intensidade da fluorescência presente nos dentes naturais pode ser observado (GRÁFICOS 3 a 6).

Não foram observados picos isolados de emissão da fluorescência e sim uma intensidade constante. Pela análise do GRÁFICO 7 pode se observar que a emissão de fluorescência foi bastante intensa entre os comprimentos de onda entre 400nm e 600nm (referente às cores azul, verde e amarela), apresentando uma forte diminuição a partir do comprimento de onda de 610nm (referente às cores laranja e vermelho), em todos os grupos.

Observando os valores das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  (TABELAS 3 a 5), é possível notar que os valores de  $L^*$  foram estatisticamente maiores para o Grupo 1, enquanto os valores de  $a^*$  e  $b^*$  não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Isto significa dizer que os dentes do Grupo 1 (paciente com idade entre 6 e 14 anos) apresentaram-se mais claros que os dentes dos demais grupos. Entretanto, esta diferença na luminosidade não resultou em diferenças na intensidade de fluorescência observada. Pode-se dizer então que a intensidade de fluorescência apresentada pelos dentes naturais não possui relação com a cor dos dentes.

A média dos valores de  $\Delta L^*$  (luminosidade) variaram entre 0,810 e 1,283 (TABELA 6). Ou seja, quando o componente ultra-violeta foi considerado, a luminosidade dos dentes aumentou (pela emissão de fluorescência).

A média dos valores de  $\Delta a^*$  (coordenada de cor entre o vermelho e o verde) variou entre -0,163 e -0,409 (TABELA 6), o que demonstra uma

tendência dos dentes apresentarem uma coloração menos avermelhada (mais esverdeada) devido a emissão da fluorescência.

Os valores médios de  $\Delta b^*$  (coordenada de cor entre o amarelo e o azul) variaram entre -0,189 e -0,655 (TABELA 6). Isto significa que a cor dos dentes se aproximou da faixa de emissão da luz azul como resultado da emissão de fluorescência.

Por consequência da emissão da fluorescência pode-se observar então que os dentes apresentaram-se com uma maior luminosidade, menos avermelhados e mais azulados.

No presente estudo, a média das diferenças de cor ( $\Delta E^*ab$ ) variou entre 1,495 e 1,878 (TABELA 6). Estes valores são mais baixos daqueles que podem ser considerados clinicamente perceptíveis (3,3) (REF). Ou seja, a percepção da fluorescência não pode ser detectada pelo olho humano. Entretanto, as características de emissão da fluorescência podem ser diferentes daquelas da luz visível e apesar desta característica não ser perceptível ao olho nu, a fluorescência presente nos dentes naturais contribui de maneira importante para a sua aparência (LEE; LU; POWERS, 2005a; LEE; LU; POWERS, 2005b).

A hipótese do presente estudo foi rejeitada. Com base nos resultados pode se observar que a intensidade da fluorescência dos dentes naturais não está relacionada com a idade dos pacientes nem com a cor dos dentes.

#### **6.4 Comparação com outras pesquisas**

Em estudos prévios, a mensuração exata da fluorescência dos dentes naturais era bastante difícil pois a distribuição espectral dos iluminantes utilizados era diferente tanto na faixa de luz visível como também na faixa ultra-violeta (LEE; LU; POWERS, 2005a). Por este motivo, os resultados desta pesquisa não podem ser diretamente comparados com investigações que utilizaram outros tipos de espectrofotômetros ou colorímetros por causa da diferença na metodologia, filtros de cor e comprimentos de onda considerados.

Os valores médios de emissão observados nesta pesquisa foram maiores do que os observados por LEE; LU e POWERS, (2005a), que avaliaram, com uma metodologia semelhante, a intensidade da emissão fluorescente da dentina. Isto pode ser explicado pelo fato de que, na atual pesquisa, a emissão de fluorescência final resultou da interação da fluorescência da polpa, da dentina e do esmalte.

Diferente de outras pesquisas, não foram observados picos isolados de emissão de fluorescência.

Algumas destas pesquisas utilizaram comprimentos de onda únicos para a excitação e para observação da emissão de fluorescência. Quando o comprimento de onda de 365nm foi utilizado para a excitação da luz ultra-violeta no esmalte, a emissão de fluorescência foi observada nos

comprimentos de onda de 435nm (CAITUCOLI, 1968), 450nm (SCHARF, 1974; PANZERI; FERNANDES; MINELLI, 1977) e 510nm (BRANCHINI; ZANOTTI, 1969). HALL, em 1970, observou que a intensidade de emissão da fluorescência variou de acordo com a variação do comprimento de onda utilizado para a excitação da fluorescência (entre 340nm e 375nm), sendo que a excitação no comprimento de onda de 370nm resultou na maior intensidade de emissão.

Segundo SPITZER; TEN BOSCH, 1976, quando o esmalte foi excitado com uma luz ultra-violeta com comprimento de onda de  $335\pm 5\text{nm}$ , foi observada a emissão de fluorescência no comprimento de onda de  $410\pm 5\text{nm}$ . Quando modificaram o comprimento de onda de excitação para  $375\pm 5\text{nm}$ , a emissão da fluorescência mudou para  $440\pm 5\text{nm}$ . SUNDSTRÖM et al., 1985, observou que o espectro de fluorescência resultante da excitação em comprimentos de onda de 337nm e 488nm possuía picos nos comprimentos de onda de 400nm e 540nm respectivamente.

MONSENEGO; BURDAIRON; CLERJAUD em 1993, apesar de terem utilizado apenas um comprimento de onda para excitação da fluorescência (365nm), observaram a emissão da fluorescência ao longo de todo espectro visível e notaram que esta caracterizava-se por um pico de emissão no comprimento de onda de 450nm que lentamente diminuía até o comprimento de onda de 680nm.

Isto ocorre pela característica de absorção de energia das substâncias fluorescentes presentes nos dentes naturais. Várias substâncias foram propostas como responsáveis pela fluorescência apresentada pelos dentes naturais, tanto orgânicas como o triptofano (SPITZER; TEN BOSCH, 1976; FOREMAN, 1980) e a piridinolina (ARAKI et al., 1990), como inorgânicas como a hidroxiapatita (BRANCHINI; ZANOTTI, 1969; ARAKI et al., 1990). O próprio estado de excitação de uma mesma substância fluorescente também pode resultar em emissões de fluorescência diferentes (SPITZER; TEN BOSCH, 1976). Estes dados sugerem que a fluorescência da estrutura dental humana resulta da interação de múltiplos agentes fluorescentes.

Estes resultados e mecanismos podem explicar porque, no presente estudo, não foram observados picos isolados de emissão de fluorescência. Como o iluminante utilizado (D65) possui uma forte emissão em todo comprimento de onda referente à luz ultra-violeta (330nm a 395nm), é possível que mais de uma substância fluorescente tenha sido excitada, resultando em uma emissão de fluorescência uniforme entre os comprimentos de onda de 400nm e 600nm, apresentando uma redução a partir do comprimento de onda de 610nm.

A emissão de fluorescência observada nesta pesquisa esta de acordo com o estudo de SUNDSTRÖM et al., 1985, que observaram que a fluorescência apresentada pelos dentes humanos possuía uma característica policromática, emitindo uma alta fluorescência azulada e uma fluorescência amarelo-esverdeada em menor intensidade.

Neste estudo não foi possível verificar clinicamente a relação entre a intensidade de emissão da fluorescência e a idade dos pacientes. Da mesma maneira, KOSOVEL; WEBER, em 1976, observaram que a diferença entre o sexo (masculino e feminino) nem a idade dos dentes examinados influenciou na emissão de fluorescência.

Por outro lado, ARAKI, 1990, demonstrou em um estudo *in vitro* que a dentina de dentes mais velhos apresentavam aproximadamente o dobro de fluorescência do que os dentes mais jovens, sugerindo que processos fisiológicos poderiam ser responsáveis por este aumento da fluorescência. MATSUMOTO; KITAMURA; ARAKI, 1999, também relataram que a intensidade da fluorescência da dentina aumentou de acordo com a idade dos dentes analisados.

Entretanto, nestes estudos, a fluorescência da dentina foi analisada isoladamente, por meio de secções de dentes, sem considerar a influência da porção de esmalte sobre a mesma. A análise individual do espectro fluorescente da dentina ou do esmalte não reflete a realidade clínica uma vez que tal propriedade não pode ser mensurada individualmente em cada tecido em situações clínicas.

A comparação entre as pesquisas é inviável pois, além das diferenças de metodologia e das condições de pesquisa (*in vitro* X *in vivo*), na atual pesquisa, a fluorescência foi medida considerando o dente como um todo, levando em conta a interação entre o esmalte e a dentina, sem esquecer do



papel da polpa dental, uma vez que foi demonstrado que dentes despulpados não apresentaram fluorescência (FORZIATI; KUMPULA; BARONE, 1963).

Levando ainda em consideração a relevância clínica deste aumento de intensidade da fluorescência da dentina de acordo com a idade dos pacientes, foi demonstrado que, clinicamente, a fluorescência de uma restauração direta é definida principalmente pela camada superficial de esmalte (camada externa da restauração) e não pelas camadas internas que reproduzem a dentina (VILLAROEL et al., 2004; SENSI et al., 2006).

Os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , encontrados nesta pesquisa estão de acordo com outras pesquisa que utilizaram espectrofotômetros *in vivo* (ODIOSSO; GIBB; GERLACH, 2000; HASEGAWA et al., 2000). Com base nestes valores e na análise da fluorescência, não foi possível estabelecer uma relação entre a cor dos dentes e a intensidade de emissão fluorescente, como demonstrado também por outros trabalhos (HALL; HEFFERREN; OLSEN, 1970; MONSENEGO; BURDAIRON; CLERJAUD, 1993; TEN BOSCH; COOPS, 1995).

Obviamente, a realização de mais pesquisas, tanto laboratoriais como em ambiente clínico, sobre a fluorescência dos dentes naturais e também dos materiais restauradores, se faz necessária para que conclusões definitivas possam ser feitas acerca deste assunto.

Conclusão

## 7 CONCLUSÃO

1. Todos os grupos analisados apresentaram emissão de fluorescência.  
Não foram detectadas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos com relação à intensidade desta emissão.
2. A emissão de fluorescência não foi alterada em função da idade dos pacientes.
3. Não foi verificada relação entre a cor dos dentes e a intensidade de emissão de fluorescência.

Referências

## REFERÊNCIAS <sup>2</sup>

ARAKI, T.; MIYAZAKI, E.; KAWATA, T.; MIYATA, K. Measurements of fluorescence heterogeneity in human teeth using polarization microfluorometry. **Appl Spectrosc.**, Salt Lake City, v. 44, n. 4, p. 627-631, May, 1990.

ARMSTRONG, W.G. Fluorescence characteristics of sound and carious human dentine preparations. **Arch Oral Biol.**, London, v. 8, p. 79-90, 1963.

BARATIERI, L.N.; ARAÚJO JR, E.; MONTEIRO JR, S. **Composite restorations in anterior teeth**: fundamentals and possibilities. 1st Edition. Chicago: Quintessence Publishing, 2005.

BENEDICT, H.C. A note on the Fluorescence of teeth in ultra-violet rays. **Science**, Washington, v. 67, N. 1739, p. 442, 1928.

BRANCHINI, C.; ZANOTTI, L. Comparative data on the fluorescence of the enamel in various types of teeth. **Arch. Stomatol.**, Napoli, v. 10, n. 2, p. 93-108, Apr-Jun, 1969.

---

<sup>2</sup> Baseada na NBR 6023:2000 da ABNT

CAITUCOLI, P.F. Comparison of luminescence and fluorescence in human and prosthetic teeth. **Rev Odontostomatol Midi Fr.**, Paris, v. 26, n. 2, p. 94-101, 1968.

CHU, S.J.; AHMAD, I. Light dynamic properties of a synthetic, low-fusing, quartz glass-ceramic material. **Pract Proced Aesthet Dent.**, Mahwah, v. 15, n. 1, p. 49-56, Jan-Feb., 2003.

CHU, S.J.; DEVIGUS, A.; MIELESZKO, A. J. Elements affecting color. In:\_\_\_\_\_. **Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry.** Chicago: Quintessence, 2004. p.19-49.

DIETSCHI, D. Layering concepts in anterior composite restorations. **J Adhes Dent.**, London, v. 3, n. 1, p. 71-80 Spring, 2001.

DOUGLAS, R.D. Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. **J. Prosthet. Dent.**, St Louis, v. 77, n. 5, p. 464-470, May, 1997.

FAHL JUNIOR, N. 1997. The aesthetic composite anterior single crown restoration. **Pract. Periodontics Aesthet. Dent.**, Mahwah, v. 9, n. 1, p. 59–70, Jan-Feb., 1997.

FONDRIEST, J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. **Int J Periodontics Restorative Dent.**, Chicago, v. 23, n. 5, p. 467-479 Oct., 2003.

FOREMAN, P.C. The excitation and emission spectra of fluorescent components of human dentine. **Arch Oral Biol.**, London, v. 25, n. 10, p. 641-647, 1980.

FORZIATI, A.F.; KUMPULA, J.W.; BARONE, J.J. Tooth fluorometer. **J Am Dent Assoc.**, Chicago, v. 67, p. 663-669, Nov, 1963.

GEGAUFF, A.G; ROSENSTIEL, S.F.; LANGHOUT, K.J.; JOHNSTON, W.M. Evaluating tooth color change from carbamide peroxide gel. **J Am Dent Assoc.**, Chicago, v. 124, n. 6, p. 65-71, Jun, 1993.

GOODKIND, R.J.; SCHWABACHER, W.B. Use of a fiber-optic colorimeter for an in vivo color measurement of 2830 anterior teeth. **J. Prosthet. Dent.**, St Louis, v. 58, n. 5, p. 535-542, Nov., 1987.

GOVEIA, J.C. Estudo colorimétrico da translucidez de materiais restauradores odontológicos (Dissertação de mestrado). São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2004.

GUAN, Y.H.; LATH, D.L.; LILLEY, T.H.; WILLMOT, D.R.; MARLOW, I.; BROOK, A.H. The measurement of tooth whiteness by image analysis and spectrophotometry: a comparison. **J Oral Rehabil.**, Oxford, v. 32, n. 1, p. 7-15, Jan, 2005.

HASEGAWA, A.; IKEDA, I.; KAWAGUCHI, S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. **J. Prosthet. Dent.**, St Louis, v. 83, n. 4, p. 418-423, Apr., 2000.

HASEGAWA, A.; MOTONOMI, A.; IKEDA, I.; KAWAGUCHI, S. Color of natural tooth crown in Japanese people. **Col Res Appl.**, Virginia, v. 25, n. 1, p. 43-48, Feb., 2000.

HILTEBRANDT, C. Transparency, fluorescence and reflexion in natural and artificial teeth. **Zahnarztl Welt Zahnarztl Reform Zwr.**, v. 25, n. 8, p. 223-225, Apr., 1950.

HINDLE, J.P.; HARRISON, A. Tooth colour analysis by a new opto-electronic system. **Eur J Prosthodont Restor Dent.**, Suffolk, v. 8, n. 2, p. 57-61, Jun., 2000.

JOINER, A. Tooth colour: a review of the literature. **J. Dent.**, Guilford, v.32, p. 3-12, 2004. Supplement 1.

KOSOVEL, Z. The prosthetic significance of the primary fluorescence of human teeth. **Acta Stomatol Croat.**, v. 2, n. 4, p. 213-217, 1967.

KOSOVEL, Z. Prosthetico-optical aspects of artificial tooth fluorescence. **Stomatol Vjesn.**, v. 2 n. 4, p. 423-426, 1968a.



KOSOVEL, Z. Artificial teeth and prosthetic material in the light of studies with ultraviolet rays. **Acta Stomatol Croat.**, v. 3, n. 4, p. 210-221, 1968b.

KOSOVEL, Z.; WEBER, K. Natural fluorescence of human teeth. **Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl.**, v. 64, n. 1, p. 32-40, 1976.

KVAAL, S.; SOLHEIM, T. Fluorescence from dentin and cementum in human mandibular second premolars and its relation to age. **Scand J Dent Res.**, Copenhagen, v. 97, n. 2, p. 131-138, Apr., 1989.

LAURILLA, U.R.; MANCEWICZ, S.A.; FORZIATI, A.F. Isolation and partial fractionation of fluorescent material from human teeth. **J. Dental Res.**, Birmingham, v. 39, p. 714, 1960.

LEE, Y.K.; LU, H.; POWERS, J.M. Fluorescence of layered resin composites. **J Esthet Restor Dent.**, Ontario, v.17, n. 22, p. 93-100, 2005a.

LEE, Y.K.; LU, H.; POWERS, J.M. Effect of surface sealant and staining on the fluorescence of resin composites. **J Prosthet Dent.**, St Louis, v. 93, n. , p. 260-266, 2005b.

LEE, Y.K.; LU, H.; POWERS, J.M. Changes in opalescence and fluorescence properties of resin composites after accelerated aging. **Dent Mater.**, Washington, v. 22, n. 7, p. 653-660, Jul., 2006.

MATSUMOTO, H.; KITAMURA, S.; ARAKI, T. Autofluorescence in human dentine in relation to age, tooth type and temperature measured by nanosecond time-resolved fluorescence microscopy. **Arch Oral Biol.**, London, v. 44, n. 4, p. 309-318, Apr., 1999.

MATSUMOTO, H.; KITAMURA, S.; ARAKI, T. Applications of fluorescence microscopy to studies of dental hard tissue. **Front Med Biol Eng.**, v. 10, n. 4, p. 269-284, 2001.

MCLAREN, E.A. Luminescent veneers. **J Esthet Dent.**, Ontario, v. 9, n. 1, p. 3-12, 1997.

MILLER, M.B. The elusive nature of fluorescence. **Pract Proced Aesthet Dent.**, Mahwah, v. 15, n. 1, p. 84, Jan-Feb., 2003.

MILLER, M. Composite resin fluorescence. **J Esthet Restor Dent.**, Ontario, v. 16, n. 6, p. 335, 2004.

MONSENEGO, G. Fluorescence of natural teeth and a composite. **Chir Dent Fr.**, Paris, v. 22, n. 60, p. 37-42, Feb., 1990.

MONSENEGO, G.; BURDAIRON, G.; CLERJAUD, B. Fluorescence of dental porcelain. **J. Prosthet. Dent.**, St Louis, v. 69, n. 1, p. 106-113, Jan., 1993.

MORLEY, J. The esthetics of anterior tooth aging. **Curr Opin Cosmet Dent.**, v. 4, p. 35-39, 1997.

NAKAMURA, T.; TANAKA, H.; KAWAMURA, Y.; WAKABAYASHI, K. Translucency of glass-fibre-reinforced composite materials. **J Oral Rehabil.**, Oxford, v. 31, n. 8, p. 817-821, Aug, 2004.

O'BRIEN, W.J.; GROH, C.L.; BOENKE, K.M. A one-dimensional color order system for dental shade guides. **Dent. Mater.**, Washington, v. 5, n 6, p. 371-374, Nov. 1989.

O'BRIEN, W.J.; HEMMENDINGER, H.; BOENKE, K.M.; LINGER, J.B.; GROH, C.L. Color distribution of three regions of extracted human teeth. **Dent. Mater.**, Washington, v. 13, n. 3, p. 179-185, May, 1997.

ODIOSO, L.L.; GIBB, R.D.; GERLACH, R.W. Impact of demographic, behavioural, and dental care utilization parameters on tooth color and personal satisfaction. **Compend Contin Educ Dent**, Jamesburg, v. 21(Suppl 29), p. S35-S41, 2000.

OKUBO, S.R.; KANAWATI, A.; RICHARDS, M.W.; CHILDRESS, S. Evaluation of visual and instrument shade matching. **J. Prosthet. Dent.**, St Louis, v. 80, n. 6, p. 642-648, Dec., 1998.

PANZERI, H.; FERNANDES, L.T.; MINELLI, C.J. Spectral fluorescence of direct anterior restorative materials. **Aust Dent J.**, St Leonards, v. 22, n. 6, p. 458-461, Dec., 1977.

PARAVINA, R.D. Evaluation of a newly developed visual shade-matching apparatus. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v. 15, n. 6, p. 528-534, 2002.

PAUL, S.; PETER, A.; PIETROBON, N.; HAMMERLE, C.H.F. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. **J Dent Res.**, Birmingham, v. 81, n. 8, p. 578-582, Aug., 2002.

PEYTON, J.H. Finishing and polishing techniques: direct composite resin restorations. **Pract Proced Aesthet Dent.**, Mahwah, v. 6, n. 4, p. 293-298, May, 2004.

ROSSOW, B.; JOHANSEN, P.E. Dental status in blacklight. **Nor Tannlaegeforen Tid.**, v. 87, n. 5, p. 218-222, May, 1977.

RUBINO, M.; BARCIA, J.A.; JIMENEZ DEL BARCO, L.; ROMERO, J. Colour measurement of human teeth and evaluation of a colour guide. **Col Res Appl.**, Virginia, v. 19, n. 1, p. 19-22, 1994.

RUSSELL, M.D.; GULFRAZ, M.; MOSS, B.W. In vivo measurement of colour changes in natural teeth. **J Oral Rehabil.**, Oxford, v. 27, n. 9, p. 786-792, Sep., 2000.

SCHARF, F. Spectrophotometric studies on the fluorescence of dental hard tissues. **Dtsch Zahnarztl Z.**, v. 29, n. 9, p. 920-922, Sep., 1974.

SCHENNETTEN, F. Use of fluorescence in dental practice. **Zahnarztl Prax.**, v. 27, n. 7, p. 160-163, Apr., 1976.

SENSI, L.G.; MARSON, F.C.; ROESNER, T.H.; BARATIERI, L.N.; MONTEIRO JR, S. Fluorescence of composite resins: Clinical considerations. **Quint Dent Technol.**, p. 43-53, 2006.

SHORE V.G.; PARDEE, A.B. Fluorescence of some proteins nucleic acids and related compounds. **Archs Biochem.**, v. 60, p.100-107, 1956.

SPITZER, D.; TEN BOSCH, J.J. The total luminescence of bovine and human dental enamel. **Calcif Tiss Res.**, Bristol, v. 20, n. 2, p. 201-208, Apr., 1976.

SPROULL, R. C. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of colour. **J. Prosthet. Dent.**, St Louis, v. 86, n. 5, p. 453-457, Nov. 2001a.

SPROULL, R. C. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. **J. Prosthet. Dent.**, St Louis, v. 86, n. 5, p. 458-464, Nov. 2001b.

STÜBEL, H. Die fluoreszenz tierischer gewebe in uv-licht. **Pflügers Arch. Physiol.**, v. 142, p. 1, 1911.

SUNDSTROM F, FREDRIKSSON K, MONTAN S, HAFSTROM-BJORKMAN U, STROM J. Laser-induced fluorescence from sound and carious tooth substance: spectroscopic studies. **Swed Dent J.**, Jönköping, v. 9, n. 2, p. 71-80, 1985.

TEN BOSCH, J.J.; COOPS, J.C. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 74, n. 1, p. 374-380, Jan., 1995.

TUNG, F.F.; GOLDSTEIN, G.R.; JANG, S.; HITTELMAN, E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. **J. Prosthet. Dent.**, St Louis, v. 88, n. 6, p. 585-590, Dec., 2002.

VAARKAMP, J.; TEN BOSCH, J.J.; VERDONSCHOT, E.H. Propagation of light through human dental enamel and dentine. **Caries Res.**, Basel, v. 29, n. 1, p. 8-13, 1995.

VAN DER BURGT, T.P.; TEN BOSCH, J.J.; BORSBOOM, P.C.F.; KORTSMIT, W.J.P.M. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. **J. Prosthet. Dent.**, St Louis, v. 63, n. 2, p. 155-162, Feb., 1990.

VANINI, L. Light and color in anterior composite restorations. **Pract Periodontics Aesthet Dent.**, v. 8, n. 7, p. 673-682, Sep., 1996.

VILLARROEL, M.; JORQUERA, C.; GOMES, O.M.M.; GOMES, J.C. Fluorescence: A contribution to the natural vitality of human tooth. **Rev Ibero-Am Odontol Estet Dent.**, Curitiba, v. 3, p. 397-406, 2004.

ZHAO, Y.; ZHU, J. In vivo color measurement of 410 maxillary anterior teeth. **Chin J Dent Res.**, Beijing, v. 1, n. 3, p. 49-51, Dec., 1998.

WINTER, R. J. Visualizing the natural dentition. **J. Esthet Dent.**, Ontario, v. 5, n. 3, p. 102-117, May-Jun., 1993.

# **Anexo 1**



## **Anexo 2**

**ANEXO 2****UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
CURSO DE ODONTOLOGIA****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Nome do participante: \_\_\_\_\_ Idade \_\_\_\_\_

As informações contidas neste documento foram fornecidas pelo professor Luis Guilherme Sensi, com o objetivo de firmar acordo escrito mediante a qual, o voluntário da pesquisa autoriza a sua participação, procedendo a análise da cor de seus dentes. Com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos que esta pesquisa compreenderá, tendo a possibilidade de livre arbítrio e sem qualquer coação.

**1) Título da Pesquisa**

Avaliação clínica da fluorescência de dentes naturais.

**2) Objetivos**

Este trabalho tem como objetivo avaliar clinicamente a fluorescência (característica de cor) presente nos dentes naturais.

**3) Justificativa**

O conhecimento das características de cor presentes nos dentes naturais é de fundamental importância para a obtenção de restaurações altamente estéticas. Muitos estudos foram realizados com relação à fluorescência dos dentes naturais em nível laboratorial, utilizando dentes extraídos, porém nenhum trabalho avaliou clinicamente esta característica.

**4) Procedimentos da Pesquisa**

Serão selecionados 40 pacientes (de acordo com critérios pré-estabelecidos), os quais serão divididos em 4 grupos (n=10) de acordo com sua faixa etária. A análise da fluorescência será realizada através da utilização de um espectrofotômetro após afastamento dos lábios e bochechas. Nenhum tipo de intervenção será realizada além da tomada de cor dos dentes.

### **5) Desconforto**

O único desconforto que poderá ocorrer está relacionado com o uso de afastadores intra-orais utilizados para retração dos lábios e bochechas. Tais efeitos são completamente reversíveis ao fim da análise da cor.

### **6) Benefícios do estudo**

Esta pesquisa será de grande importância à comunidade científica, visto que não existem trabalhos que avaliaram clinicamente a característica de fluorescência dos dentes naturais, podendo inclusive, guiar o desenvolvimento de materiais restauradores que possuam esta mesma característica.

### **7) Informações**

Os voluntários terão a garantia de que receberão resposta à qualquer pergunta ou esclarecimentos a cerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados a esta pesquisa.

### **8) Telefone para contato com o pesquisador**

Luis Guilherme Sensi – (41) 3262-2392

### **9) Retirada do consentimento**

O voluntário tem total liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar da pesquisa.

### **10) Aspecto geral**

Este manual foi elaborado de acordo com as diretrizes e normas que regulamentam as pesquisas envolvendo seres humanos, atendendo às resoluções 196/96 e 251/97 do Conselho Nacional de Saúde/ Ministério da Saúde – Brasília – DF.

EU \_\_\_\_\_ RG, \_\_\_\_\_ certifico que tendo lido as informações acima, e suficientemente esclarecido pelo professor Luis Guilherme Sensi, estou plenamente de acordo com a realização deste estudo, autorizando assim, minha participação.

Curitiba, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do paciente

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

# **Apêndice 1**

**GRUPO 1**  
**Dados espectrofotométricos**

Pac./idade	UV	*L	*a	*b	DL*	Da*	Db*	DE*ab	d400nm	d410nm	d420nm
D.A. 13a	0%	67.24	1.22	11.52							
	100%	67.57	0.82	11.59	0.33	-0.4	0.07	0.52	0.83	0.5	0.31
L.G. 12a	0%	72.2	1.25	6.21							
	100%	73.66	0.32	5.15	1.46	-0.94	-1.06	2.04	3.94	3.17	3.06
M.P. 9a	0%	75.07	-0.63	5.75							
	100%	74.27	-0.58	5.34	-0.81	0.05	-0.41	0.91	-0.5	-0.75	-0.64
B.M. 9a	0%	71.75	0.57	10.09							
	100%	72.63	0.38	8.99	0.89	-0.19	-1.1	1.42	1.92	1.91	2.03
C.M. 9a	0%	99.83	0.05	11.71							
	100%	100.83	-0.71	11.73	1	-0.76	0.02	1.26	2.99	3.37	2.37
K.L. 8a	0%	102.59	0.07	9.09							
	100%	101.97	-0.54	10.18	-0.62	-0.61	1.09	1.4	-1.44	-2.46	-3.4
D.G. 8a	0%	72.47	0.42	9.64							
	100%	74.89	0.02	7.41	2.42	-0.4	-2.23	3.31	5.41	4.82	5.43
N.H. 11a	0%	72.82	-0.13	9.29							
	100%	73.87	-0.31	7.47	1.05	-0.18	-1.82	2.11	2.33	2.79	3.2
A.P. 10 a	0%	68.33	0.85	11.62							
	100%	69.95	0.54	10.66	1.62	-0.31	-0.95	1.91	2.74	2.36	2.6
L.S. 13a	0%	67.3	-0.32	9.11							
	100%	68.06	-0.67	8.95	0.76	-0.35	-0.16	0.78	0.43	0.67	0.85
Média	0%	76.96	0.335	9.403							
	100%	77.77	-0.073	8.747	0.81	-0.409	-0.655	1.566	1.865	1.638	1.581

**GRUPO 1**  
**Datos espectrofotométricos**

[illegible]

**GRUPO 1**  
**Datos espectrofotométricos**

d550nm	d560nm	d570nm	d580nm	d590nm	d600nm	d610nm	d620nm	d630nm	d640nm	d650nm	d660nm
0.6	0.61	0.71	0.67	0.66	0.7	-0.41	-0.32	-0.34	-0.2	-0.14	-0.07
2.4	2.29	2.36	2.4	2.33	2.15	0.34	0.3	0.32	0.28	0.3	0.3
-1.39	-1.36	-1.41	-1.45	-1.46	-1.49	-1.25	-1.23	-1.25	-1.2	-1.25	-1.31
1.28	1.21	1.12	1.07	1.11	1.15	0.92	0.91	0.91	0.88	0.87	0.86
3	2.99	2.92	2.8	2.82	2.67	0.58	0.66	0.79	0.88	0.72	0.99
-1.38	-1.1	-1.14	-1.33	-1.11	-1.19	-2.9	-2.87	-2.84	-2.82	-2.89	-2.83
3.7	3.56	3.46	3.34	3.22	3.09	2.93	2.89	2.82	2.62	2.64	2.51
1.59	1.42	1.34	1.18	1.18	1.06	1.07	1.06	0.93	0.97	0.87	0.82
2.27	2.21	2.26	2.29	2.26	2.23	1.67	1.65	1.63	1.74	1.72	1.66
0.96	0.92	0.99	1.03	1.22	1.46	0.91	0.81	0.82	0.93	0.9	0.91
1.303	1.275	1.261	1.2	1.223	1.183	0.386	0.386	0.379	0.408	0.374	0.384

**GRUPO 1**  
**Datos espectrofotométricos**

[illegible]



## GRUPO 1

### Datos espectrofotométricos

[illegible]

**GRUPO 1**  
**Datos espectrofotométricos**

[illegible]

**GRUPO 1**  
**Dados espectrofotométricos**

680nm	690nm	700nm	710nm	720nm	730nm	740nm
42.55	42.55	42.5	42.4	42.27	42.05	41.98
42.47	42.51	42.55	42.46	42.34	42.15	42.02
48.46	48.47	48.4	48.19	48	47.75	47.59
48.81	48.77	48.67	48.48	48.27	47.98	47.82
49.23	49.09	48.87	48.56	48.3	48.05	47.73
48.03	47.87	47.6	47.4	47.07	46.83	46.55
47.74	47.67	47.6	47.42	47.29	47.04	46.83
48.56	48.52	48.41	48.25	48.01	47.76	47.57
107.75	107.55	107.18	106.44	105.67	105.14	104.16
108.89	108.61	108.18	107.64	106.82	106.36	105.48
114.1	113.88	113.29	112.59	111.62	111.21	110.26
111.49	111.14	110.64	109.94	109.16	108.68	107.73
48.3	48.23	48.1	47.83	47.59	47.31	47.05
50.72	50.58	50.41	50.11	49.75	49.36	49.07
48.22	48.19	48.05	47.81	47.56	47.27	47
49	48.8	48.6	48.33	47.98	47.67	47.32
43.35	43.33	43.31	43.1	42.87	42.72	42.6
45.1	45.04	45.03	44.84	44.61	44.46	44.33
42.9	42.95	42.87	42.75	42.55	42.25	41.99
43.84	43.79	43.82	43.59	43.37	43.1	42.8
59.26	59.191	59.017	58.709	58.372	58.079	57.719
59.691	59.563	59.391	59.104	58.738	58.435	58.069

## **Apêndice 2**

**GRUPO 2**  
**Dados espectrofotométricos**

Pac./idade	UV	*L	*a	*b	DL*	Da*	Db*	DE*ab	d400nm	d410nm	d420nm
A.S. 26a	0%	71.21	-0.22	9.54							
	100%	71.59	-0.38	8.78	0.37	-0.93	-0.77	0.87	1.63	1.3	1.28
G.A. 23a	0%	68.5	0.16	10.62							
	100%	68.97	0.01	10.72	0.46	-0.15	0.11	0.5	0.53	0.46	0.21
C.C. 25a	0%	66.79	-0.09	6.43							
	100%	68.77	-0.22	6.89	1.98	-0.13	0.46	2.04	1.69	1.52	1.8
M.R. 23a	0%	75	-0.45	4.78							
	100%	75.96	-0.69	3.55	0.96	-0.24	-1.23	1.58	2.61	2.96	2.9
G.F. 20a	0%	70.46	0.99	5.27							
	100%	72.03	0.07	4.77	1.57	-0.92	-0.5	1.89	1.89	2.51	2.46
E.A. 20a	0%	64.41	1.19	7.3							
	100%	67.56	0.3	7.65	3.15	-0.88	0.34	3.29	2.09	2.48	2.65
F.B. 20a	0%	69.94	-0.49	9.42							
	100%	70.29	0.58	11.01	0.35	1.08	1.59	1.95	-0.52	-0.72	-0.81
F.S. 24a	0%	67.98	0.32	10.98							
	100%	69.16	0.79	9.57	1.18	0.47	-1.41	1.9	4.08	3.53	3.2
S.A. 21a	0%	67.98	0.32	10.98							
	100%	69.33	0.08	10.82	1.34	-0.23	-0.16	1.37	1.34	1.31	1.4
D.A. 25a	0%	72.42	-0.32	4.9							
	100%	73.89	-0.67	4.58	1.47	-0.35	-0.32	1.55	2.3	1.97	2.17
Média	0%	69.469	0.141	8.022							
	100%	70.755	-0.013	7.834	1.283	-0.228	-0.189	1.694	1.764	1.732	1.726

**GRUPO 2**  
**Datos espectrofotométricos**

[illegible]

**GRUPO 2**  
**Datos espectrofotométricos**

[illegible]

**GRUPO 2**  
**Datos espectrofotométricos**

[illegible]



## GRUPO 2

### Datos espectrofotométricos

[illegible]

**GRUPO 2**  
**Datos espectrofotométricos**

[illegible]

**GRUPO 2**  
**Dados espectrofotométricos**

680nm	690nm	700nm	710nm	720nm	730nm	740nm
46.13	46.1	45.99	45.96	45.81	45.48	45.25
46.13	46.05	45.94	45.81	45.69	45.32	45.06
42.34	42.27	42.16	42.07	41.89	41.72	41.57
43.01	42.93	42.87	42.72	42.56	42.4	42.19
38.7	38.66	38.59	38.44	38.28	38.07	38.04
41.36	41.37	41.19	41.17	41.07	40.77	40.59
49.39	49.23	48.97	48.71	48.39	48.06	47.78
50.08	49.85	49.53	49.28	48.91	48.66	48.34
44.42	44.26	44.11	43.91	43.67	43.4	43.14
45.23	45.04	44.91	44.67	44.42	44.12	43.9
37.36	37.34	37.19	37	36.82	36.6	36.47
40.9	40.81	40.71	40.46	40.24	39.96	39.74
43.59	43.46	43.46	43.44	43.07	42.95	42.77
46.18	46.18	46.17	46.08	45.97	45.71	45.52
42.15	42.17	42.11	41.95	41.84	41.66	41.53
44.67	44.68	44.65	44.57	44.51	44.31	44.21
42.15	42.17	42.11	41.95	41.84	41.66	41.53
43.68	43.74	43.66	43.56	43.4	43.21	43.09
45.83	45.68	45.48	45.2	44.95	44.61	44.4
47.53	47.38	47.15	46.87	46.57	46.25	46
43.206	43.134	43.017	42.863	42.656	42.421	42.248
44.877	44.803	44.678	44.519	44.334	44.071	43.864

## **Apêndice 3**

**GRUPO 3**  
**Dados espectrofotométricos**

Paciente	UV	*L	*a	*b	DL*	Da*	Db*	DE*ab	d400nm	d410nm	d420nm
S.F. 39a	0%	69.74	-0.61	5.17							
	100%	69.92	-0.9	4.18	0.18	-0.29	-0.35	0.49	0.15	0.31	0.49
T.F. 34a	0%	72.29	-0.05	6.62							
	100%	73.07	-0.65	6.34	0.78	-0.59	-0.28	1.02	1.18	0.99	1.22
F.A. 35a	0%	64.08	1.12	5.76							
	100%	64.7	0.02	4.83	0.62	-1.1	-0.93	1.56	1.87	1.71	1.49
M.A. 37a	0%	68.24	0.31	10.8							
	100%	69.1	0.16	9.73	0.86	-0.15	-1.06	1.38	1.92	1.78	1.82
P.P. 35a	0%	69.94	-0.49	9.42							
	100%	70.26	-0.53	9.02	0.31	-0.04	-0.41	0.51	0.38	0.48	0.52
J.A. 35a	0%	75.04	-0.93	7.58							
	100%	76.03	-0.41	8.81	0.99	0.51	1.23	1.66	0.07	0.16	-0.19
S.A. 30a	0%	63.72	-0.85	6.34							
	100%	68.11	-0.55	5.98	4.38	0.3	-0.36	4.41	4.77	4.74	5.13
J.F. 36a	0%	67.24	-0.02	8.4							
	100%	66.76	-0.2	6.61	-0.48	-0.19	-1.8	1.87	1.82	1.33	1.24
N.F. 36a	0%	71.37	-0.53	7.48							
	100%	72.42	-0.54	7.36	1.05	-0.01	-0.13	1.06	1.29	1.3	1.36
F.R. 33a	0%	65.1	0.16	12.05							
	100%	64.7	0.09	11.15	-0.39	-0.07	-0.9	0.99	0.84	0.46	0.43
Média	0%	68.676	-0.189	7.962							
	100%	69.507	-0.351	7.401	0.83	-0.163	-0.499	1.495	1.429	1.326	1.351

**GRUPO 3**  
**Datos espectrofotométricos**

[illegible]

### GRUPO 3

#### Datos espectrofotométricos

[illegible]

### GRUPO 3

#### Datos espectrofotométricos

[illegible]



### GRUPO 3

#### Datos espectrofotométricos

[illegible]

### GRUPO 3

#### Datos espectrofotométricos

[illegible]

**GRUPO 3**  
**Dados espectrofotométricos**

680nm	690nm	700nm	710nm	720nm	730nm	740nm
40.91	40.7	40.48	40.24	39.99	39.74	39.48
40.7	40.48	40.24	39.96	39.67	39.45	39.19
46.79	46.72	46.57	46.38	46.24	45.9	45.7
47.01	46.96	46.84	46.64	46.46	46.22	46.01
36.22	36.14	36.04	35.83	35.69	35.48	35.32
35.19	35.1	35.05	34.87	34.72	34.55	34.43
42.8	42.81	42.73	42.69	42.6	42.46	42.3
43.53	43.51	43.5	43.37	43.27	43.01	42.92
43.59	43.46	43.46	43.33	43.07	42.95	42.77
43.92	43.87	43.75	43.63	43.42	43.24	43.02
49.75	49.58	49.45	49.19	48.9	48.66	48.36
53.08	52.98	52.77	52.61	52.34	52.15	51.9
33.33	33.23	33.08	32.93	32.68	32.56	32.44
39.55	39.51	39.32	39.23	38.98	38.8	38.66
40.07	40	39.97	39.79	39.64	39.52	39.38
38.61	38.49	38.42	38.25	38.1	37.94	37.77
45.06	44.98	44.87	44.73	44.57	44.36	44.14
46.62	46.53	46.43	46.26	46.02	45.75	45.53
38.1	38.06	37.93	37.88	37.74	37.62	37.46
37.13	37.11	37.04	37.03	36.88	36.73	36.56
41.662	41.568	41.458	41.299	41.112	40.925	40.735
42.534	42.454	42.336	42.185	41.986	41.784	41.599

## **Apêndice 4**

**GRUPO 4**  
**Dados espectrofotométricos**

Paciente	UV	*L	*a	*b	DL*	Da*	Db*	DE*ab	d400nm	d410nm	d420nm
S.A. 48a	0%	63.94	1.65	11.74							
	100%	65.28	1.09	11.16	1.34	-0.56	-0.58	1.57	2.1	1.58	1.59
S.M. 46a	0%	65.41	-0.06	5.92							
	100%	65.94	-0.31	5.59	0.53	-0.25	-0.33	0.67	0.68	0.67	0.79
D.J. 56a	0%	63.17	0.68	11.31							
	100%	63.46	0.89	11.08	0.3	0.21	-0.23	0.43	0.55	0.63	0.57
M.A. 46a	0%	68.01	-0.23	9.35							
	100%	67.71	-0.11	9.19	-0.3	0.12	-0.15	0.36	-0.19	-0.17	-0.36
R.F. 45a	0%	66.25	-0.24	4.91							
	100%	65.76	-0.27	4.67	-0.48	-0.04	-0.23	0.54	-0.68	-0.13	-0.35
R.E. 48a	0%	70.37	0.34	10.37							
	100%	68.98	0.16	8.74	-1.39	-0.17	-1.62	2.14	0.17	0.1	0.05
B.E. 44a	0%	68.43	0.11	10.71							
	100%	67.58	-0.01	8.94	-0.85	-0.11	-1.77	1.96	0.93	0.85	0.75
H.S. 51a	0%	63.53	1.09	10							
	100%	69.14	0.1	12.02	5.61	-0.99	2.02	6.05	1.8	3.12	3.33
E.A. 53a	0%	64.5	0.81	10.52							
	100%	68.34	0.06	10.94	3.83	-0.75	0.42	3.93	4.55	3.72	3.31
C.P. 49a	0%	68.31	0.22	7.37							
	100%	69.39	0.04	7.07	1.08	-0.17	-0.3	1.13	1.47	1.52	1.49
Média	0%	66.192	0.437	9.22							
	100%	67.158	0.164	8.94	0.967	-0.271	-0.277	1.878	1.138	1.189	1.117

**GRUPO 4**  
**Dados espectrofotométricos**

d430nm	d440nm	d450nm	d460nm	d470nm	d480nm	d490nm	d500nm	d510nm	d520nm	d530nm	d540nm
1.83	1.69	1.75	1.77	1.84	1.83	1.81	1.82	1.79	1.8	1.82	1.82
0.89	0.86	0.76	0.92	0.88	0.82	0.81	0.86	0.88	0.74	0.71	0.73
0.49	0.38	0.49	0.45	0.36	0.35	0.28	0.29	0.24	0.32	0.24	0.27
0.01	-0.38	-0.33	-0.21	-0.21	-0.28	-0.34	-0.35	-0.31	-0.41	-0.41	-0.44
-0.16	-0.78	-0.32	-0.4	-0.46	-0.46	-0.46	-0.52	-0.61	-0.54	-0.6	-0.64
0.07	-0.59	-0.47	-0.61	-0.93	-1.02	-1.26	-1.41	-1.49	-1.7	-1.85	-1.92
0.71	0.21	0.28	0.09	-0.01	-0.27	-0.5	-0.56	-0.8	-0.96	-1.06	-1.17
4.49	3.86	4.9	5.36	5.8	6.07	6.63	6.9	7.15	7.21	7.3	7.52
3.95	3	4.14	4.23	4.52	4.63	4.45	4.66	5.13	5.22	5.05	5.04
1.56	1.65	1.6	1.54	1.5	1.52	1.54	1.58	1.53	1.54	1.5	1.52
1.384	0.99	1.28	1.314	1.329	1.319	1.296	1.327	1.351	1.322	1.27	1.273

**GRUPO 4**  
**Datos espectrofotométricos**

[illegible]

**GRUPO 4**  
**Datos espectrofotométricos**

[illegible]



**GRUPO 4**  
**Datos espectrofotométricos**

[illegible]

**GRUPO 4**  
**Datos espectrofotométricos**

[illegible]

**GRUPO 4**  
**Dados espectrofotométricos**

680nm	690nm	700nm	710nm	720nm	730nm	740nm
38.4	38.49	38.55	38.43	38.39	38.37	38.39
39.19	39.27	39.28	39.26	39.22	39.09	39.12
36.39	36.38	36.28	36.22	36.08	35.97	35.88
36.75	36.69	36.65	36.53	36.38	36.3	36.25
36.27	36.36	36.45	36.38	36.4	36.39	36.48
36.92	37.04	37.11	37.19	37.19	37.17	37.28
40.93	40.92	40.89	40.65	40.55	40.44	40.32
40.7	40.64	40.56	40.37	40.25	40.05	39.94
37.04	26.98	36.96	36.84	36.76	36.61	36.54
36.33	36.25	36.23	36.12	36	35.9	35.81
45.79	45.73	45.65	45.5	45.37	45.13	44.96
42.93	42.92	42.83	42.69	42.55	42.36	42.24
42.48	42.4	42.26	42.14	41.94	41.85	41.66
40.57	40.52	40.43	40.29	40.08	39.98	39.9
36.65	36.58	36.59	36.42	36.33	36.32	36.04
44.12	44.1	44.09	43.97	43.88	43.8	43.69
37.65	37.72	37.62	37.44	37.26	37.09	37.05
42.29	42.31	42.26	42.18	42.06	41.91	41.81
41.12	41.06	40.97	40.74	40.62	40.43	40.36
42.29	42.21	42.1	41.91	41.76	41.54	41.5
39.272	38.262	39.222	39.076	38.97	38.86	38.768
40.209	40.195	40.154	40.051	39.937	39.81	39.754